



Nuno Filipe Ferreira Silvestre

Licenciado em Ciências da Engenharia do Ambiente

**Contributo para a análise dos
principais aspetos associados à
operação de instalações de tratamento
de lamas ativadas**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia do Ambiente, perfil Engenharia Sanitária

Orientador: António Pedro de Macedo Coimbra Mano,
Prof. Doutor, FCT/UNL

Júri:

Presidente: Prof.^a Doutora Leonor Miranda Monteiro do Amaral (Arguente)
Vogais: Prof. Doutor António Pedro de Macedo Coimbra Mano
Prof.^a Doutora Rita Maurício Rodrigues Rosa



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Outubro, 2014



Nuno Filipe Ferreira Silvestre

Licenciado em Ciências da Engenharia do Ambiente

**Contributo para a análise dos principais
aspetos associados à operação de
instalações de tratamento de lamas
ativadas**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia do Ambiente, perfil Engenharia Sanitária

Orientador: António Pedro de Macedo Coimbra Mano, Prof.
Doutor, FCT/UNL



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Outubro, 2014

Contributo para a análise dos principais aspetos associados à operação de instalações de tratamento de lamas ativadas

© Copyright em nome de Nuno Filipe Ferreira Silvestre, da FCT/UNL e da UNL

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Para os meus pais e avós...

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer às pessoas sem as quais não seria possível realizar esta etapa, que culmina com a realização deste trabalho.

Aos meus pais e irmã, por tudo o que por mim fizeram e passaram ao longo desta caminhada... Muito Obrigado.

Aos meus avós, pelo orgulho e esperança que depositam em mim... Muito Obrigado.

Ao professor António Pedro Mano, pela orientação, pela paciência, pela disponibilidade e por todo o conhecimento que me transmitiu... Muito Obrigado.

Aos SMAS de Sintra, em particular, ao Sr. Vereador do Pelouro Pedro Ventura e à Engenheira Mónica Moraes, pela realização do estágio onde tanto aprendi.

À Engenheira Ana Teresa Cartaxo pela disponibilidade para ajudar e pela partilha de todos os dados necessários para a realização deste trabalho. Aos Engenheiros Pedro Costa, Cristina Diniz e João Carvalho pelas visitas guiadas e pela partilha de conhecimento.

A todos os funcionários dos SMAS de Sintra pela simpatia que demonstraram ao me receber... Muito Obrigado

Por fim, queria agradecer à minha melhor amiga, pela companhia, pelo apoio, pela ajuda, pela enorme paciência, pela motivação e por estares sempre presente... Muito Obrigado Rita Costa.

RESUMO

A exploração das infraestruturas de tratamento de águas residuais urbanas, nomeadamente a otimização dos respetivos processos biológicos, garantindo o cumprimento dos objetivos de qualidade e minimizando os custos de operação, constitui um desafio para todas as entidades gestoras.

Os objetivos da presente dissertação incluíram a revisão e análise dos principais aspetos associados à operação de instalações de tratamento de águas residuais urbanas, de pequena e média dimensão, através do processo de lamas ativadas. O trabalho foi efetuado no contexto de um estágio efetuado junto de uma entidade gestora, os serviços municipalizados de água e saneamento (SMAS) de Sintra, tendo incidido, em particular, na ETAR de Colares S1.

O trabalho incluiu o acompanhamento das rotinas de exploração, o levantamento e tratamento de informação disponibilizada pelos SMAS de Sintra e, também, a realização de quatro campanhas de amostragem com o objetivo de obter informação relativa a parâmetros que são relevantes para o controlo de uma ETAR por lamas ativadas.

O trabalho efetuado permitiu concluir que a ETAR de Colares S1 está sobredimensionada, apresentando concentrações elevadas de matéria em suspensão nos reatores biológicos, ausência de um controlo efetivo das condições de arejamento, problemas de sedimentabilidade na decantação secundária, não havendo controlo dos principais parâmetros (carga mássica, idade de lamas, índice volumétrico de lamas) comumente associados à exploração deste tipo de processo.

As rotinas de operação podem ser revistas e melhoradas e os custos de exploração reduzidos. Apesar dos problemas identificados, a descarga de efluente cumpre os objetivos de qualidade expresso na licença de descarga.

Palavras-chave: ETAR, lamas ativadas, parâmetros de controlo, carga mássica, idade de lamas, índice volumétrico de lamas.

ABSTRACT

The operation of WWTP, which includes optimization of its biological processes, securing compliance with quality standards and minimizing operating costs has always been a challenge for management entities.

This thesis aims to review and analyze the major aspects associated with the operation of urban wastewater treatment facilities, of small and medium scale, through the activated sludge process. This work was elaborated during an internship in a managing entity, Sintra municipal services of water and sanitation, focused in particular on the Colares S1 WWTP.

Research methods included the monitoring of the operational routines, gathering and reviewing data, provided by Sintra SMAS, as well as the performance of four sampling campaigns with the goal of obtaining information on parameters that are relevant to the control of a WWTP with activated sludge.

Results show that Colares S1 WWTP is oversized, having a high suspended solids concentration in biological reactors. Moreover, it was observed that this WWTP lacks effective aeration conditions monitoring, has secondary settlement sedimentation problems and there is no control of the main parameters (solids loading rate, sludge age, sludge volume index) commonly associated with the exploration of this type of process.

Therefore, there is room for operation routines to be revised and improved and the operating costs reduced. Despite the problems identified, the effluent discharge meets the quality standards expressed in the discharge license.

Key-words: WWTP, activated sludge, control parameters, solids loading rate, sludge age, sludge volume index.

ÍNDICE DE MATÉRIAS

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. <i>Enquadramento e justificação do estudo.....</i>	1
1.2. <i>Objetivos da dissertação</i>	1
1.3. <i>Estrutura da dissertação</i>	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. <i>Água Residual</i>	3
2.1.1. <i>Caracterização qualitativa da água residual urbana</i>	3
2.1.2. <i>Caracterização quantitativa de uma água residual urbana</i>	5
2.2. <i>Tipos de tratamento</i>	6
2.3. <i>Tipos de Tratamento Biológico</i>	9
2.3.1. <i>Biomassa fixa</i>	9
2.3.2. <i>Biomassa Suspensa.....</i>	11
2.4. <i>Sedimentação nas lamas ativadas</i>	15
2.4.1. <i>Tipos de sedimentação</i>	15
2.4.2. <i>Problemas na separação sólido-líquido</i>	17
2.5. <i>Parâmetros de controlo das lamas ativadas</i>	17
2.5.1. <i>Monitorização analítica.....</i>	18
2.5.2. <i>Concentração de sólidos no reator biológico</i>	18
2.5.3. <i>Idade de lamas (θ)</i>	18
2.5.4. <i>Recirculação de lamas</i>	19
2.5.5. <i>Teste do cone <i>Imhoff</i> (sólidos sedimentáveis).....</i>	20
2.5.6. <i>Índice volumétrico de lamas (IVL).....</i>	21
2.5.7. <i>Carga mássica (F/M).....</i>	21
3. CASO DE ESTUDO - ETAR de Colares S1.....	25
3.1. <i>Localização</i>	25
3.2. <i>Descrição</i>	26
3.3. <i>Modo de Operação</i>	31
3.3.1. <i>Obra de Entrada.....</i>	31
3.3.2. <i>Desarenadores.....</i>	31
3.3.3. <i>Decantadores Primários.....</i>	31
3.3.4. <i>Tratamento Biológico</i>	32
3.3.5. <i>Desinfecção</i>	32
4. METODOLOGIA.....	35
4.1. <i>Determinação analítica dos parâmetros CBO₅ e CQO.....</i>	36
4.2. <i>Determinação analítica dos parâmetros MS e MVS.....</i>	36
4.3. <i>Determinação analítica dos parâmetros CBO₅, CQO e SST realizada pelos SMAS de Sintra ..</i>	36
4.4. <i>Determinação dos parâmetro V₃₀ realizada pelos SMAS de Sintra</i>	37
5. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	39
5.1. <i>Condições de Afluência Hidráulica</i>	39
5.2. <i>Condições de Afluência Orgânica</i>	40
5.3. <i>Condições de funcionamento dos órgãos de tratamento</i>	42
5.4. <i>Qualidade do efluente tratado</i>	45
5.5. <i>Consumo de energia</i>	46
6. CONCLUSÃO.....	49
7. BIBLIOGRAFIA.....	51
ANEXOS	55
ANEXO 1 – <i>Descrição sumária das ETAR exploradas pelos SMAS de Sintra</i>	55
ANEXO 2 – <i>Exploração das ETAR. Resumo dos principais aspetos</i>	84
ANEXO 3 – <i>Informação de base disponibilizada pelos SMAS de Sintra.....</i>	86
ANEXO 4 – <i>Diagrama Linear da ETAR de Colares S1</i>	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Variação do caudal de água residual afluyente ao longo do dia, em Portugal	6
Figura 2.2 - Diagrama do tratamento da fase líquida numa ETAR por lamas ativadas	7
Figura 2.3 – Rendimento do tratamento primário relativo à remoção da CBO ₅ e dos sólidos em suspensão	7
Figura 2.4 – Diagrama típico do sistema de lamas ativadas com reator biológico por ar difuso	11
Figura 2.5 – Configuração típica do sistema de lamas ativadas com remoção de nutrientes. Sequência de reator anaeróbio, anóxico e aeróbio	12
Figura 2.6 – Diagrama do sistema de lamas ativadas, com configuração de vala de oxidação	14
Figura 2.7 – Diagrama do sistema de lamas ativadas, com configuração de RDS de nível variável em regime descontínuo.....	14
Figura 2.8 - Curva e cilindro de sedimentação, com representação da zona de clarificação, zona de transição e zona de compressão	16
Figura 2.9 – Curva de relação entre valores de IVL e F/M	22
Figura 3.1 – Ortofotomapa da ETAR de Colares S1	25
Figura 3.2 - Diagrama linear simplificado da ETAR de Colares S1	26
Figura 4.1 – Frascos de amostragens.....	36
Figura 4.2 – Equipamentos de recolha utilizados pelos SMAS de Sintra. 1 – ISCO GLS; 2 – Frascos para recolha manual	37
Figura 4.3 – Método de determinação do parâmetro V ₃₀ . 1 – Recolha da amostra; 2 – Colocação da amostra nos cones <i>imhoff</i> ; 3 – Sedimentação dos sólidos em suspensão.....	37
Figura 5.1 – Precipitação média diária (mm) e caudal afluyente (m ³ /dia) à ETAR de Colares S1	39
Figura 5.2 – Caudal afluyente horário, na ETAR de Colares S1, no mês de junho de 2014	40
Figura 5.3 - Evolução da carga orgânica (kg/dia CBO ₅) e carga de sólidos (kg/dia SST) afluentes à ETAR de Colares S1	40
Figura 5.4 – Razão CBO ₅ /CQO afluyente à ETAR de Colares S1	41
Figura 5.5 – Evolução da concentração dos parâmetros CBO ₅ (mg/L O ₂) e CQO (mg/L O ₂) efluentes na ETAR de Colares S1	45
Figura 5.6 – Energia gasta (kWh) por m ³ tratado na ETAR de Colares S1	46
Figura 5.7 – Energia gasta (kWh) por kg de CBO ₅ removida na ETAR de Colares S1	46
Figura A1.1 – Diagrama linear simplificado da ETAR de Almargem do Bispo	56
Figura A1.2 – Evolução do caudal médio afluyente (m ³ /dia) de outubro de 2012 a fevereiro de 2014 na ETAR de Almargem do Bispo	57
Figura A1.3 – Evolução da carga orgânica afluyente (kg CBO ₅ /dia) de outubro de 2012 a fevereiro de 2014 na ETAR de Almargem do Bispo	57
Figura A1.4 – Diagrama linear simplificado da ETAR de Almoçageme.....	58
Figura A1.5 – Evolução do caudal médio afluyente (m ³ /dia) de janeiro de 2010 a fevereiro de 2014 na ETAR de Almoçageme.....	59
Figura A1.6 – Evolução da carga orgânica afluyente (kg CBO ₅ /dia) de janeiro de 2010 a fevereiro de 2014 na ETAR de Almoçageme.....	59
Figura A1.7 – Diagrama linear simplificado da ETAR de Almorquim.....	60
Figura A1.8 – Evolução do caudal médio afluyente (m ³ /dia) de janeiro de 2010 a fevereiro de 2014 na ETAR de Almorquim	61

Figura A1.9 – Evolução da carga orgânica afluyente (kg CBO ₅ /dia) de janeiro de 2010 a junho de 2011 na ETAR de Almorquim	61
Figura A1.10 – Diagrama linear simplificado da ETAR da Azóia	62
Figura A1.11 – Evolução do caudal médio afluyente (m ³ /dia) de novembro de 2012 a fevereiro de 2014 na ETAR da Azóia	63
Figura A1.12 – Evolução da carga orgânica afluyente (kg CBO ₅ /dia) de novembro de 2012 a fevereiro de 2014 na ETAR da Azóia	63
Figura A1.13 – Diagrama linear simplificado da ETAR da Cavaleira	64
Figura A1.14 – Evolução do caudal médio afluyente (m ³ /dia) de janeiro de 2010 a fevereiro de 2014 na ETAR da Cavaleira	65
Figura A1.15 – Evolução da carga orgânica afluyente (kg CBO ₅ /dia) de janeiro de 2010 a fevereiro de 2014 na ETAR da Cavaleira	65
Figura A1.16 – Diagrama linear simplificado da ETAR de Janas	66
Figura A1.17 – Evolução do caudal médio afluyente (m ³ /dia) de janeiro de 2014 a abril de 2014 na ETAR de Janas	67
Figura A1.18 – Evolução da carga orgânica afluyente (kg CBO ₅ /dia) de janeiro de 2014 a abril de 2014 na ETAR de Janas	67
Figura A1.19 – Diagrama linear simplificado da ETAR de Magoito	68
Figura A1.20 – Evolução do caudal médio afluyente (m ³ /dia) e da pluviosidade (mm) de janeiro de 2011 a fevereiro de 2014 na ETAR de Magoito	69
Figura A1.21 – Evolução da carga orgânica afluyente (kg CBO ₅ /dia) de janeiro de 2011 a fevereiro de 2014 na ETAR de Magoito	69
Figura A1.22 – Diagrama linear simplificado da ETAR de Montelavar	70
Figura A1.23 – Evolução do caudal médio afluyente (m ³ /dia) de janeiro de 2010 a fevereiro de 2014 na ETAR de Montelavar	71
Figura A1.24 – Evolução da carga orgânica afluyente (kg CBO ₅ /dia) de janeiro de 2010 a fevereiro de 2014 na ETAR de Montelavar	71
Figura A1.25 – Diagrama linear simplificado da ETAR de Negrais	72
Figura A1.26 – Evolução do caudal médio afluyente (m ³ /dia) de janeiro de 2010 a fevereiro de 2014 na ETAR de Negrais	73
Figura A1.27 – Evolução da carga orgânica afluyente (kg CBO ₅ /dia) de janeiro de 2010 a fevereiro de 2014 na ETAR de Negrais	73
Figura A1.28 – Diagrama linear simplificado da ETAR da Ribeira S2	74
Figura A1.29 – Evolução do caudal médio afluyente (m ³ /dia) de janeiro de 2010 a fevereiro de 2014 na ETAR da Ribeira S2	75
Figura A1.30 – Evolução da carga orgânica afluyente (kg CBO ₅ /dia) de janeiro de 2010 a fevereiro de 2014 na ETAR da Ribeira S2	75
Figura A1.31 – Diagrama linear simplificado da ETAR do Sabugo	76
Figura A1.32 – Evolução do caudal médio afluyente (m ³ /dia) de novembro de 2012 a fevereiro de 2014 na ETAR do Sabugo	77
Figura A1.33 – Evolução da carga orgânica afluyente (kg CBO ₅ /dia) de novembro de 2012 a fevereiro de 2014 na ETAR do Sabugo	77
Figura A1.34 – Diagrama linear simplificado da ETAR de S. João das Lampas	78
Figura A1.35 – Evolução do caudal médio afluyente (m ³ /dia) de janeiro de 2010 a fevereiro de 2014 na ETAR de S. João das Lampas	79

Figura A1.36 – Evolução da carga orgânica afluyente (kg CBO ₅ /dia) de janeiro de 2010 a fevereiro de 2014 na ETAR de S. João das Lampas	79
Figura A1.37 – Diagrama linear simplificado da ETAR da Ulgueira	80
Figura A1.38 – Evolução do caudal médio afluyente (m ³ /dia) de setembro de 2012 a fevereiro de 2014 na ETAR da Ulgueira	81
Figura A1.39 – Evolução da carga orgânica afluyente (kg CBO ₅ /dia) de novembro de 2012 a fevereiro de 2014 na ETAR da Ulgueira	81
Figura A1.40 – Diagrama linear simplificado da ETAR de Vila Verde	82
Figura A1.41 – Evolução do caudal médio afluyente (m ³ /dia) de janeiro de 2010 a fevereiro de 2014 na ETAR de Vila Verde	83
Figura A1.42 – Evolução da carga orgânica afluyente (kg CBO ₅ /dia) de janeiro de 2010 a fevereiro de 2014 na ETAR de Vila Verde	83

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 – Biodegradabilidade da água residual consoante a razão de CBO ₅ /CQO	4
Tabela 2.2 – Características físico-químicas típicas de águas residuais urbanas não tratadas em Portugal e nos EUA.....	4
Tabela 2.3 - Características físico-químicas típicas de águas residuais urbanas não tratadas	4
Tabela 2.4 – Capitações dos parâmetros mais significativos em águas residuais urbanas e utilizados em Portugal.....	5
Tabela 2.5 – Capitações dos parâmetros mais significativos em águas residuais urbanas e utilizados em diversos países	5
Tabela 2.6 – Capitações de água residual em 2006 para as regiões hidrográficas de Portugal	5
Tabela 2.7 – Capitações de água residual em 2003 para os diversos países	6
Tabela 2.8 – Valores limite de emissão	8
Tabela 2.9 – Parâmetros, e valores, de dimensionamento de sistemas de leitos percoladores	10
Tabela 2.10 – Valores espectáveis de energia gasta, associada ao arejamento, em processos de lamas ativadas	12
Tabela 2.11 – Parâmetros, e valores, de dimensionamento de sistemas de lamas ativadas na configuração de reator biológico	13
Tabela 2.12 – Parâmetros, e valores, de dimensionamento de sistemas de lamas ativadas na configuração de vala de oxidação e RDS	15
Tabela 2.13 – Razão de recirculação em função dos sólidos sedimentáveis	20
Tabela 2.14 – Sedimentação das lamas conforme o teste do IVL	21
Tabela 2.15 – Valores óptimos de carga mássica consoante o regime de operação	22
Tabela 2.16 – Principais atividades no controlo da operação de uma ETAR.....	23
Tabela 3.1 – Dados de dimensionamento da ETAR de Colares S1.....	26
Tabela 3.2 – Condições de funcionamento de dimensionamento dos decantadores primários	28
Tabela 3.3 - Condições de funcionamento de dimensionamento dos tanques de arejamento	28
Tabela 3.4 – Condições de funcionamento de dimensionamento dos decantadores secundários	28
Tabela 3.5 – Valores limite de emissão da licença de descarga inerente à ETAR de Colares S1	29
Tabela 3.6 – Valores máximos admitidos da licença de descarga inerente à ETAR de Colares S1 ...	29
Tabela 3.7 - Condições de funcionamento de dimensionamento dos digestores anaeróbios	30
Tabela 3.8 – Resumo das atividades a desenvolver na operação da ETAR de Colares S1.....	33
Tabela 4.1 – Locais e parâmetros analisados com base nas respetivas amostragens realizadas	35
Tabela 5.1 – Dados das análises laboratoriais relativos aos parâmetros CBO ₅ ,CQO e SST no caudal afluente	41
Tabela 5.2 – Dados das análises laboratoriais relativos aos parâmetros MS, MVS e dados medidos na ETAR de Colares S1 relativos aos sólidos sedimentáveis	42
Tabela 5.3 – Dados das análises laboratoriais relativos aos parâmetros de controlo de cada reator biológico	43
Tabela 5.4 – Dados das análises laboratoriais relativos aos parâmetros de controlo dos decantadores	44
Tabela 5.5 – Valores do caudal de extração e recirculação (m ³ /dia) em cada linha de tratamento.....	44

Tabela 5.6 – Dados das análises laboratoriais relativos aos parâmetros CBO ₅ ,CQO e SST no caudal tratado	45
Tabela A1.1 - ETAR exploradas pelos SMAS de Sintra e respetiva população em hp	55
Tabela A1.2 – Aspetos mais relevantes associados à ETAR de Almargem do Bispo	56
Tabela A1.3 – Aspetos mais relevantes associados à ETAR de Almoçageme	58
Tabela A1.4 – Aspetos mais relevantes associados à ETAR de Almorquim	60
Tabela A1.5 – Aspetos mais relevantes associados à ETAR da Azóia	62
Tabela A1.6 – Aspetos mais relevantes associados à ETAR da Cavaleira	64
Tabela A1.7 – Aspetos mais relevantes associados à ETAR de Janas	66
Tabela A1.8 – Aspetos mais relevantes associados à ETAR de Magoito.....	68
Tabela A1.9 – Aspetos mais relevantes associados à ETAR de Montelavar.....	70
Tabela A1.10 – Aspetos mais relevantes associados à ETAR de Negrais	72
Tabela A1.11 – Aspetos mais relevantes associados à ETAR da Ribeira S2.....	74
Tabela A1.12 – Aspetos mais relevantes associados à ETAR do Sabugo.	76
Tabela A1.13 – Aspetos mais relevantes associados à ETAR de S. João das Lampas.....	78
Tabela A1.14 – Aspetos mais relevantes associados à ETAR da Ulgueira	80
Tabela A1.15 – Aspetos mais relevantes associados à ETAR de Vila Verde.....	82
Tabela A2.1 – Principais aspetos associados à operação das ETAR exploradas pelos SMAS de Sintra	84
Tabela A2.2 - ETAR exploradas pelos SMAS de Sintra e respetivos subprodutos	85
Tabela A3.1 – Média dos valores do caudal horário medidos, no mês de junho de 2014, na ETAR de Colares S1	86
Tabela A3.2 – Valores referentes às concentrações e cargas orgânicas da água residual afluenta à ETAR de Colares S1	87
Tabela A3.3 – Valores referentes aos sólidos sedimentáveis medidos, em junho e julho, na ETAR de Colares S1	88
Tabela A3.4 – Valores referentes às concentrações da água residual tratada na ETAR de Colares S1	89
Tabela A3.5 – Valores mensais referentes à energia gasta, ao caudal e à carga orgânica de CBO ₅ removida na ETAR de Colares S1	90

ABREVIATURAS

AdO	Águas do Oeste, S.A.;
AdP	Águas de Portugal, S.A.;
APA	Agência Portuguesa do Ambiente;
BPE	Biopolímeros Extracelulares;
CBO	Carência Bioquímica de Oxigénio;
CQO	Carência Química de Oxigénio;
DS	Decantador Secundário;
EE	Estação elevatória;
E.p.	Equivalente populacional;
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i> ;
ERSAR	Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos;
ETAR	Estação de tratamento de águas residuais;
Hab.eq.	Habitante equivalente;
Hp	Horizonte projeto;
IL	Idade de Lamas;
IVL	Índice volumétrico de Lamas;
N_{Total}	Azoto total;
O.D.	Oxigénio Dissolvido;
PEAASAR	Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais;
pH	Potencial de hidrogeniônico;
PITAR	Pequenas Instalações de Tratamento de Águas Residuais;
PE	Polieletrólito;
PEAD	Polietileno de Alta Densidade;
PEMD	Polietileno de Média Densidade;
P_{Total}	Fósforo total;
QCAII	Quadro Comunitário de Apoio II;
QCAIII	Quadro Comunitário de Apoio III;
QREN	Quadro de Referência Estratégico Nacional;
RDS	Reator Descontínuo Sequencial;
SMAS	Serviços Municipalizados de Água e Saneamento;
SST	Sólidos Suspensos Totais;
Trh	Tempo de retenção hidráulico;
U.V.	Ultra Violeta;
USEPA	United States Environmental Protection Agency;
VLE	Valor Limite de Emissão;
VMA	Valor Máximo Admitido;
WEF	<i>Water Environment Federation</i> ;

WWTP

Wastewater Treatment Plant.

SIMBOLOGIA

C_i	Concentração inicial de sólidos suspensos totais (kg/m ³).
F	<i>Food</i> , substrato afluente;
F/M	Carga mássica (kg CBO ₅ /kg MVS);
k	Parâmetro empírico de sedimentação (m ³ /kg), constante de <i>Vesilind</i> ;
M	<i>Microorganisms</i> , microrganismos presentes no reator biológico;
MS	Concentração de sólidos suspensos totais no reator biológico (mg/L);
MS_{DS}	Concentração de sólidos suspensos totais no decantador secundário (mg/L);
MVS	Concentração de sólidos suspensos voláteis no reator biológico (mg/L);
θ	Idade de lamas (dias);
Q	Caudal afluente (m ³ /dia);
Q_{md}	Caudal médio diário (m ³ /dia);
Q_{dim}	Caudal de dimensionamento (m ³ /dia);
Q_p	Caudal de purga das lamas secundárias (m ³ /dia);
Q_r	Caudal de recirculação (m ³ /dia);
R	Razão de recirculação (%);
S	Concentração orgânica de CBO ₅ presente no caudal afluente (kg CBO ₅ /m ³);
V	Volume (m ³);
v_s	Velocidade de sedimentação (m/s);
v₀	Velocidade inicial de sedimentação (m/s), constante de <i>Vesilind</i> ;
V₃₀	Volume ocupado pelos sólidos sedimentáveis, no cone <i>Imhoff</i> ao fim de 30 minutos (mL/L).

1. INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento e justificação do estudo

A água é um dos fatores determinantes que suportam a vida na Terra, pelo que a sua proteção se reveste da maior importância. A história conta-nos que “quem possuía um poço de água, era considerado rico, pois a água é vida e sem ela a sobrevivência das espécies não seria possível”. Contudo, após utilização a água passa a constituir um resíduo, água residual, que se não for tratado pode contribuir de um modo significativo para a contaminação dos recursos hídrico.

A Diretiva comunitária nº.91/271/CEE, de 21 de maio, transposta para Portugal pelo Decreto-Lei nº.152/97, de 19 de junho visa a proteção das massas de água tornando obrigatório o tratamento secundário das águas residuais urbanas antes de serem descarregadas no meio receptor. Estabelece, também, critérios de remoção dos nutrientes azoto e fósforo em estações de tratamento de água residual (ETAR) que descarreguem o efluente em massas de água sensíveis, passíveis de eutrofização.

O desenvolvimento do setor do tratamento de água em geral e do tratamento de água residual em particular, em Portugal, tem sido suportado nas últimas décadas pelos sucessivos quadros comunitários de apoio, nomeadamente:

- QCA II, entre 1994 e 1999;
- QCA III, entre 2000 e 2006;
- QREN, entre 2007 e 2013.

A construção de novas infraestruturas de drenagem e tratamento de águas residuais permitiu aumentar os níveis de atendimento para 81% e 71%, respetivamente (ERSAR, 2011).

De acordo com Sardinha *et al.* (2002) as ETAR foram, na sua maioria, construídas no Norte e no Centro do país sendo que 70% a 90% do número total de instalações apresentam uma capacidade de tratamento inferior a 2 000 habitantes equivalentes. Estima-se que as pequenas instalações de tratamento de água residual (PITAR) servem 40% a 50% da população total.

Por outro lado, os aspetos de exploração das infraestruturas de tratamento, nomeadamente a otimização dos processos de tratamento, garantindo o cumprimento dos objetivos de qualidade e minimizando os custos de operação, constitui um desafio para todas as entidades gestoras, enquadrando-se a presente dissertação neste âmbito.

1.2. Objetivos da dissertação

Os objetivos da presente dissertação incluíram a análise dos principais aspetos associados à operação de instalações de pequena, média dimensão (no contexto português), de lamas ativadas. O trabalho foi efetuado no contexto de um estágio efetuado junto de uma entidade gestora, os serviços municipalizados de água e saneamento (SMAS) de Sintra tendo incidido, em particular, na ETAR de Colares S1.

1.3. Estrutura da dissertação

A presente dissertação tem a seguinte estrutura:

Capítulo 1 – Efetua-se uma introdução ao tema, em que se aborda o enquadramento e justificação do estudo e seus objetivos;

Capítulo 2 – Efetua-se uma revisão da literatura, em que se abordam os aspetos mais relevantes relacionados com os processos de tratamento de águas residuais e o controlo e monitorização de um sistema de lamas ativadas;

Capítulo 3 – Apresenta o caso de estudo, que descreve a ETAR de Colares S1 e o seu modo de operação;

Capítulo 4 – Descreve a metodologia utilizada na determinação dos parâmetros de controlo, realizada no presente trabalho e pelos SMAS de Sintra;

Capítulo 5 – Apresentam-se os resultados obtidos e efetua-se a sua discussão;

Capítulo 6 – Efetuam-se as principais conclusões do trabalho;

Capítulo 7 – Apresentam-se todas as fontes bibliográficas a que se faz referência no trabalho.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Serão abordados os diversos tipos de tratamento biológico, o tipo de regime de operação e valores expectáveis, os parâmetros de controlo e monitorização analítica, entre outras temáticas.

2.1. Água Residual

De acordo com o DL 152/97, de 19 de junho, com o DL 236/98, de 1 de agosto e com Von Sperling (1996), as águas residuais podem ser classificadas em três tipos:

Águas residuais domésticas – as águas residuais de serviços e de instalações residenciais, essencialmente provenientes do metabolismo humano e de atividades domésticas;

Águas residuais industriais – as águas residuais provenientes de qualquer tipo de atividade que não possam ser classificadas como águas residuais domésticas nem sejam águas pluviais;

Águas residuais urbanas – as águas residuais domésticas ou a mistura destas com águas residuais industriais e, ou com águas pluviais e, ou águas de infiltrações.

As águas pluviais são constituídas exclusivamente pelas escorrências originadas pela precipitação, enquanto que as águas de infiltrações ocorrem devido a roturas nos coletores ou caixas de visita a montante.

O encaminhamento e tratamento apropriado das águas residuais reveste-se de elevada importância para a saúde pública, por variados motivos, incluindo (Santo, 2008):

- A decomposição da matéria orgânica presente na água residual provoca maus cheiros;
- A água residual não tratada caracteriza-se pela presença de microrganismos patogénicos que podem originar problemas de saúde pública;
- Os nutrientes que existem na água residual podem estimular o desenvolvimento de *blooms* de fitoplâncton que podem originar a eutrofização do meio receptor.

De modo a proteger a saúde pública e o ambiente, as águas residuais não tratadas devem ser encaminhadas, com a maior rapidez possível, para uma ETAR. Após tratamento as águas residuais são descarregadas no meio receptor ou reutilizadas em usos compatíveis (Metcalf & Eddy, 2003).

A caracterização qualitativa e quantitativa das águas residuais afluentes a uma ETAR é fundamental para a sua concepção, dimensionamento e exploração (APA, 2008).

2.1.1. Caracterização qualitativa da água residual urbana

A água residual urbana é constituída, na sua maioria, por água apresentando uma concentração máxima de contaminantes de aproximadamente 0,5%. Pode ser caracterizada pelos seus constituintes físicos, químicos e biológicos sendo os parâmetros mais usuais na sua caracterização a CQO, CBO₅, SST, pH, P_{total} e N_{total} (EPA, 1997; APA, 2008; Metcalf & Eddy, 2003; Spellman, 2014).

A CQO mede a quantidade de oxigénio utilizado na oxidação da matéria orgânica e inorgânica presente na água em estudo. A CBO₅ mede a quantidade de oxigénio utilizado na oxidação da

matéria orgânica, ou seja, a matéria biodegradável (APA, 2008). A razão CBO_5/CQO , que se apresenta na tabela 2.1, permite avaliar a maior ou menor biodegradabilidade de uma água. Os SST são o somatório das concentrações de sólidos orgânicos e inorgânicos, dividindo-se em sólidos suspensos, orgânicos, inorgânicos, sedimentáveis e coloidais suspensos (EPA, 1997).

O pH mede o nível de acidez ou da alcalinidade da água, valores estes que podem limitar o crescimento bacteriológico.

O P_{total} divide-se em ortofosfatos, polifosfatos e fosfatos orgânicos. A análise do P_{total} é efetuada através de uma determinação colorimétrica dos ortofosfatos dissolvidos, originários da conversão dos polifosfatos e fosfatos orgânicos. O N_{total} é a soma de todo o azoto oxidado, nitratos e nitritos, e de todo o azoto *Kjeldahl*, que inclui a amónia e azoto orgânico. Em meios considerados sensíveis, a descarga de nutrientes no efluente tratado é limitada.

Tabela 2.1 – Biodegradabilidade da água residual consoante a razão de CBO_5/CQO (Leal, 2012; Piveli, 2001)

CBO_5/CQO	Características da água
< 0,2	Água residual inorgânica e de difícil biodegradabilidade, característico de uma água residual industrial
> 0,6	Água residual orgânica e de fácil tratamento biológico
0,4 – 0,6	Faixa típica para uma água residual urbana

De modo a operar corretamente uma ETAR é necessário conhecer as características físico-químicas da água residual afluente, sendo que estas variam consoante o local e o período em análise. Na tabela 2.2 apresentam-se valores médios de águas residuais urbanas não tratadas em Portugal e nos EUA.

Tabela 2.2 – Características físico-químicas típicas de águas residuais urbanas não tratadas em Portugal e nos EUA (Albuquerque e Monte, 2010)

Parâmetro	Unidades	Portugal	EUA
CQO	mg O_2 /L	608	430
CBO_5	mg O_2 /L	290	190
SST	mg/L	190	210
P_{total}	mg/L P	8,5	7
N_{total}	mg/L N	60	40

Metcalf & Eddy (1991) classifica as águas residuais urbanas não tratadas, conforme as suas características, em forte, médio e fraco (tabela 2.3). Uma água residual forte está, normalmente, associada a atividades industriais.

Tabela 2.3 - Características físico-químicas típicas de águas residuais urbanas não tratadas (Metcalf & Eddy, 1991)

Parâmetro	Unidades	Forte	Médio	Fraco
CQO	mg O_2 /L	1000	500	250
CBO_5	mg O_2 /L	400	220	110
SST	mg/L	350	220	100
P_{total}	mg/L P	15	8	4
N_{total}	mg/L N	85	40	20

O dimensionamento tem por base a população a servir. Um habitante equivalente corresponde à carga orgânica de CBO_5 produzida em média por um habitante num dia, admitindo-se que a captação de CBO_5 tem um valor médio de 60 g/hab.dia (DL n.º152/97, de 19 de Junho). As captações dos principais parâmetros em águas residuais urbanas, utilizadas em Portugal, apresentam-se na tabela 2.4.

Tabela 2.4 – Capitações dos parâmetros mais significativos em águas residuais urbanas e utilizados em Portugal (Sardinha *et al.*, 2002; WEF, 1992; Henze *et al.*, 1995)

Parâmetro	Capitação (g/hab.dia)
CQO	120
SST	90
N _{total}	10
P _{total}	2

Estes valores variam de país para país, sendo que Portugal tem capitações idênticas aos valores de países como o Brasil e Itália, como apresentado na tabela 2.5.

Tabela 2.5 – Capitações dos parâmetros mais significativos em águas residuais urbanas e utilizados em diversos países (Henze *et al.*, 1995)

País indicado	Parâmetro (g/hab.dia)			
	SST	CBO ₅	N _{total}	P _{total}
Dinamarca	82 - 96	65 - 69	13,7 - 19,2	4,1 - 5,5
Brasil	55 - 68	65 - 69	8,2 - 13,7	1,6 - 2,7
Egito	41 - 68	27 - 41	8,2 - 13,7	1,1 - 1,6
Alemanha	82 - 96	65 - 69	11,0 - 16,4	3,3 - 4,4
Itália	55 - 82	49 - 60	8,2 - 13,7	1,6 - 2,7
Suécia	82 - 96	69 - 82	11,0 - 16,4	2,2 - 3,3
Turquia	41 - 68	27 - 41	8,2 - 13,7	1,1 - 1,6
Uganda	41 - 55	65 - 69	8,2 - 13,7	1,1 - 1,6
EUA	82 - 96	82 - 96	13,7 - 19,2	4,1 - 5,5

2.1.2. Caracterização quantitativa de uma água residual urbana

A concepção de uma ETAR é normalmente efetuada para um horizonte de projeto de 10 a 25 anos constituindo o conhecimento das características quantitativas do afluente a tratar, bem como a sua evolução, um aspecto muito importante (Pereira, 2013).

A capitação média diária de água residual é utilizada, no dimensionamento, para determinar o caudal médio afluente à estação de tratamento. Os seus valores, consoante a região hidrográfica de Portugal, estão apresentados na tabela 2.6.

Tabela 2.6 – Capitações de água residual em 2006 para as regiões hidrográficas de Portugal (INSAAR, 2008)

Região Hidrográfica	Capitação (L/hab.dia)
Minho e Lima	117
Cávado, Ave e Leça	107
Douro	115
Vouga, Mondego, Lis e Ribeiras do Oeste	125
Tejo	127
Sado e Mira	139
Guadiana	129
Ribeiras do Algarve	238
Açores	126
Madeira	180
Continente	126

Estes valores variam de país para país, sendo que nas várias regiões hidrográficas de Portugal as capitações são idênticas aos valores de países como o Brasil e Alemanha, como apresentado na tabela 2.7.

Tabela 2.7 – Capitações de água residual em 2003 para os diversos países (AQUASTAT, 2003)

País indicado	Capitação (L/hab.dia)
Dinamarca	200
Brasil	175
Egito	210
Alemanha	175
Itália	400
Suécia	330
Turquia	230
Uganda	20
EUA	570

O caudal médio diário é um parâmetro utilizado na fase de dimensionamento e na fase de operação, servindo para:

- Avaliar a capacidade da ETAR;
- Determinar as cargas orgânicas afluentes;
- Determinar a quantidade de lamas;
- Estimar as necessidades e custos associados aos reagentes químicos;
- Estimar as custos de bombagem e tratamento.

O caudal de ponta é um parâmetro referente ao valor máximo de caudal afluente à ETAR, excluindo o caudal de infiltração e o caudal pluvial associado às escorrências. Este pode ser utilizado na verificação das condições de funcionamento de condutas e canais da estação.

É de esperar uma afluência superior à ETAR no período das refeições, sendo que o maior pico ocorre, normalmente, às 11h da manhã. Devido às águas pluviais e águas de infiltração, é também espectável uma maior afluência à ETAR nos períodos de inverno em comparação com os períodos de verão (Christian, 2006; EPA, 1997; Metcalf & Eddy, 2003; Santo, 2008).

Na figura 2.1 apresenta-se a variação típica do caudal afluente, ao longo do dia, num ETAR em Portugal.

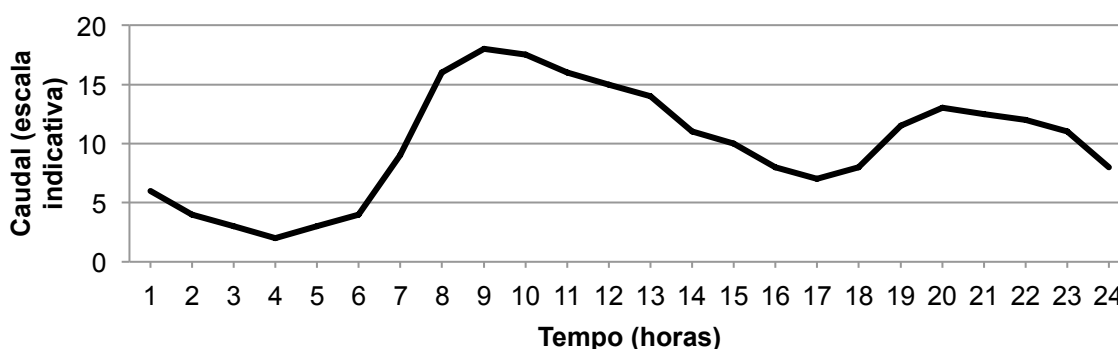


Figura 2.1 – Variação do caudal de água residual afluente ao longo do dia, em Portugal (adaptado de Santo, 2008)

2.2. Tipos de tratamento

O tratamento das águas residuais socorre-se de operações e processos unitários. Os vários níveis de tratamento da fase líquida são comumente denominados por preliminar, primário, secundário e terciário (Metcalf & Eddy, 2003; Spellman, 2014; EPA, 1997).

Na figura 2.2 apresenta-se um diagrama esquemático da linha de tratamento da fase líquida de um processo de tratamento por lamas ativadas.

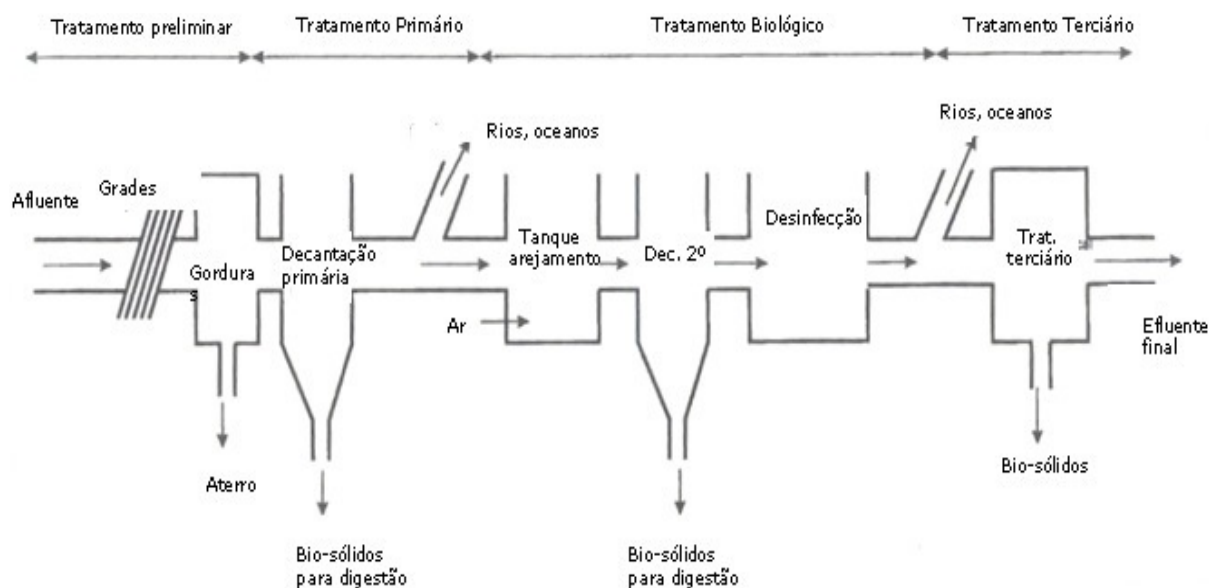


Figura 2.2 - Diagrama do tratamento da fase líquida numa ETAR por lamas ativadas (adaptado de Bitton, 2005)

Seguidamente, resumem-se os vários tipos de tratamento referidos anteriormente:

Tratamento preliminar - Tem como função a remoção de sólidos grosseiros, de areias e gorduras, que podem danificar os equipamentos mecânicos a jusante, incluindo, normalmente, as operações de gradagem, trituração, desarenação e desengorduração (Metcalf & Eddy, 2003; Spellman, 2014; EPA, 1997).

Tratamento Primário - Operação unitária materializada em órgãos denominados de decantadores primários e que tem como função a remoção de parte dos sólidos em suspensão e da matéria orgânica, através da sedimentação. É expectável a remoção de 90% a 95% de sólidos sedimentáveis, 40% a 60% de sólidos totais em suspensão e de 25% a 35% de CBO₅ (Spellman, 2014) como se pode observar na figura 2.3.

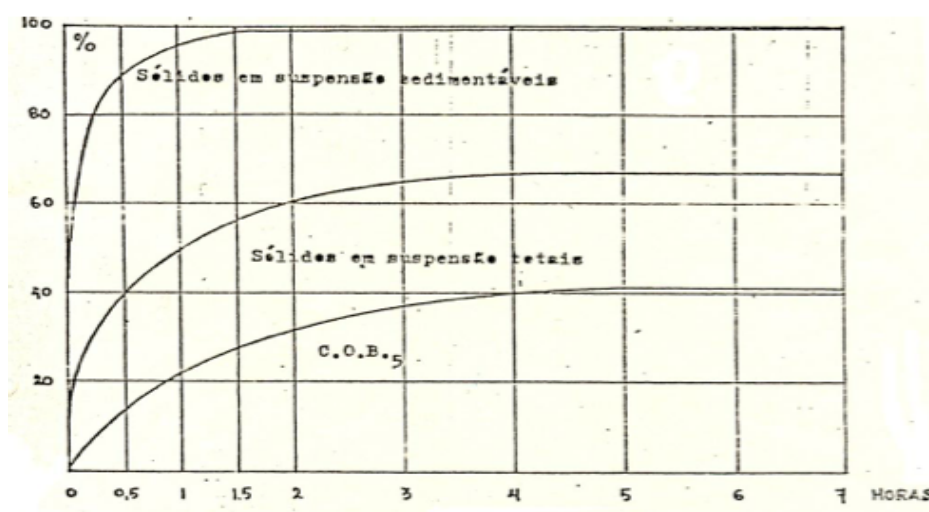


Figura 2.3 – Rendimento do tratamento primário relativo à remoção da CBO₅ e dos sólidos em suspensão (Amaral e Maurício, 2012)

Tratamento secundário – Processos biológicos aeróbios por biomassa fixa ou por biomassa em suspensão que incluem, normalmente, uma operação de separação sólido-líquido e que têm por objetivo remover a matéria orgânica biodegradável e os sólidos em suspensão. De acordo com *Clean Water Act* (2007), o tratamento secundário é capaz de produzir um efluente com um máximo de 30 mg/L de CBO₅ e de SST. É também nesta fase que se efetua, quando necessária, a remoção de nutrientes através de reatores biológicos que funcionam em condições anaeróbias, anóxicas e aeróbias (Mano, 2013). O tema vai ser abordado em pormenor, mais a frente no ponto 2.3. A generalidade dos processos biológicos pode incluir a remoção de nutrientes.

Tratamento terciário - É normalmente o último estágio de tratamento em sistemas que descarregam em zonas sensíveis, a montante de captações de água para abastecimento, zonas balneares ou se houver reutilização do efluente. Consiste na combinação de processos e operações unitárias, que através da desinfecção natural ou artificial, tem como objetivo a destruição/inativação de microrganismos patogénicos e a remoção dos sólidos em suspensão residuais presentes no efluente (Bitton, 2005). De modo a evitar a transmissão de doenças através da via fecal-oral a legislação obriga a eficiências de remoção muito elevadas, por vezes > 99,99% (Mano, 2013). Alguns desinfetantes, como o cloro têm ação residual enquanto que outros, como os U.V. ou o ozono, não apresentam essa capacidade. Esta capacidade é fundamental para garantir a qualidade da água de abastecimento, contudo nas águas residuais essa característica não é tão relevante (Metcalf & Eddy, 2003).

Na tabela 2.8 resumem-se os requisitos para a descarga do efluente de ETAR que contemplem tratamento secundário e descarga em zonas sensíveis sujeitas a eutrofização, segundo o decreto-lei nº 152/97 de 19 de junho.

Tabela 2.8 – Valores limite de emissão (decreto-lei nº 152/97 de 19 de junho)

Parâmetros	Concentração	Porcentagem mínima de redução (%)
CBO ₅ a 20°C sem nitrificação	25 mg/L O ₂	70 - 90
CQO	125 mg/L O ₂	75
SST	35 mg/L *	90 *
	60 mg/L **	70 **
P _{Total}	2 mg/L P ***	80
	1 mg/L P ****	
N _{Total}	15 mg/L N ***	70 - 80
	10 mg/L N ****	

* - ETAR com e.p. superior a 10 000

** - ETAR com e.p. de 2 000 a 10 000

*** - ETAR com e.p. de 10 000 a 100 000

**** - ETAR com e.p. superior a 100 000

Se a ETAR não efetuar a descarga numa zona sensível sujeita a eutrofização não necessita cumprir os requisitos de remoção de nutrientes. Contudo, as ETAR estão sujeitas a licenças de descarga específicas que podem obrigar a um esforço significativo de tratamento.

No que se refere ao tratamento da fase sólida, é comum englobar a operação de espessamento o processo de digestão e a operação de desidratação das lamas. O tratamento da fase sólida tem como objetivo a estabilização dos sólidos removidos no tratamento da fase líquida, a inativação de organismos patogénicos e a redução de volume das lamas de modo a viabilizar o processo de valorização ou eliminação (Metcalf & Eddy, 2003; Qasim, 2000).

Seguidamente, resumem-se os principais aspetos associados às várias operações e processos referidos anteriormente:

Espessamento das Lamas - O espessamento tem como objetivo concentrar as lamas que foram produzidas na fase líquida, podendo ser materializada através do recurso à ação da gravidade ou através da ação mecânica. Deste modo promove-se o aumento da concentração de sólidos. Este procedimento aumenta a eficiência da desidratação trazendo vantagens económicas. Contudo um

mau espessamento pode levar a uma recirculação de sólidos elevada, comprometendo o funcionamento do tratamento biológico.

Estabilização das Lamas - O objetivo da estabilização das lammas, que pode ser efetuada por via aeróbia ou por via anaeróbia, inclui a redução de volume, a estabilização da matéria orgânica e a remoção de organismos patogénicos.

- **Estabilização Aeróbia** – Socorre-se de um reator que funciona em condições aeróbias de mistura completa. A concentração de oxigénio dissolvido deve ser de 2 mg/L e deve ter um tempo de retenção de 12 a 22 dias, dependendo da proveniência das lammas (Reynolds, 1996). Para que ocorra a estabilização da matéria orgânica, o pH tem de estar compreendido entre 5,9 – 7,7.
- **Estabilização Anaeróbia** – A estabilização das lammas é efetuada através de bactérias anaeróbias ocorrendo a formação de biogás. Devido ao crescimento lento das bactérias metanogénicas, este processo necessita de 3 a 5 meses para entrar em funcionamento (Lettinga, 1994). Existem duas variantes, baixa carga ou “a frio” e alta carga ou “a quente”. Em baixa carga, não há, normalmente, aproveitamento do biogás, ocorrendo a sua libertação para a atmosfera. O tempo de retenção é de 1 a 2 meses e o pH de funcionamento óptimo deve rondar o valor 7 (Reynolds, 1996). Por outro lado, a estabilização anaeróbia em alta carga é materializada num digestor selado com equipamento de mistura e aquecimento. Nesta variante há o aproveitamento do biogás, que pode servir para o aquecimento das lammas ou produção de energia elétrica. O tempo de retenção deve estar compreendido entre 10 a 20 dias e o pH de funcionamento óptimo deve rondar o valor 7 (Reynolds, 1996).

Desidratação - A desidratação tem por objetivo a redução do volume e aumento da concentração das lammas por forma a tornar economicamente viável a sua reutilização ou eliminação. Metcalf & Eddy (2003) resume a importância da desidratação como:

- Redução no custo do transporte devido a um volume menor;
- Melhor manuseamento;
- Aumento do PCI melhorando a eficiência da inceneração;
- Redução de agentes promotores de *bulking* no caso do destino final ser a compostagem.

A desidratação pode ser materializada através de processos naturais ou mecânicos, sendo os mais comuns os leitos de secagem, filtros banda, filtros prensa e as centrífugas (Metcalf & Eddy, 2003).

2.3. Tipos de Tratamento Biológico

O tratamento biológico de água residual urbana tem como objetivo a remoção da matéria orgânica que não é removida no tratamento primário (quando este existe) e, eventualmente, nutrientes. A remoção de matéria orgânica é efetuada por intermédio de microrganismos, que decompõem, aerobiamente, o carbono orgânico em dióxido de carbono, água e outros produtos finais. O tratamento biológico pode ser dividido em dois grandes grupos, os processos de biomassa fixa e os processos de biomassa em suspensão (Spellman, 2014).

2.3.1. Biomassa fixa

Os processos de biomassa fixa normalmente utilizados em ETAR urbana, incluem:

Leitos percoladores - São reatores biológicos, não submersos, nos quais os microrganismos se fixam ao meio de enchimento, normalmente constituído por pedras ou elementos plásticos e sobre o qual o afluente é distribuído uniformemente de forma contínua ou intermitente (Metcalf & Eddy, 2003). Os reatores são, na sua maioria, circulares e contemplam no seu topo um braço giratório que distribui a água residual. A granulometria do meio de enchimento deverá ser uniforme de modo a criar espaços que originem condições de aerobiose (Spellman, 2014). Os microrganismos presentes na água residual fixam-se no meio de enchimento, originando biofilme, que é composto essencialmente por bactérias, no entanto inclui também, protozoários, algas, fungos e insetos. De acordo com as faixas de carga orgânica (equação 2.1) e de carga hidráulica afluente (equação 2.2), e como apresentado na tabela 2.9, consideram-se três grandes categorias de leitos percoladores, os de baixa, média e alta carga (Liu e Liptak, 1997; Spellman, 2014; WEF, 2007).

$$\text{Carga orgânica de CBO}_5 \text{ (kg/dia)} = \frac{[\text{CBO}_5] \text{ (kg/dia)}}{\text{Volume do meio (m}^3\text{)}} \quad (2.1)$$

$$\text{Carga hidráulica (m}^3\text{/m}^2\text{.h)} = \frac{\text{Caudal afluente (m}^3\text{/h)}}{\text{Área superfície (m}^2\text{)}} \quad (2.2)$$

Tabela 2.9 – Parâmetros, e valores, de dimensionamento de sistemas de leitos percoladores (Amaral e Maurício, 2012; Spellman, 2014; WEF, 2007)

Parâmetros		Variantes		
		Baixa carga	Média carga	Alta carga
Carga hidráulica (m ³ /m ² .dia)		1 - 4	4 - 8	8 - 40
Carga orgânica volumétrica (kg CBO ₅ /m ³ .dia)		0,08 - 0,4	0,4 - 0,7	0,7 - 5,0
Recirculação		Não	Sim	Sim
Eficiência de remoção (%)	CBO ₅	80 - 85	50 - 70	65 - 80
	SST	80 - 85	50 - 70	65 - 80

Os leitos percoladores têm aberturas na sua base de modo a garantir que o meio seja aeróbio. No verão o fluxo de ar é descendente, entrando pelo topo e saindo pela base, e no inverno esse processo inverte-se, entrando pela base e saindo pelo topo, devido à temperatura do ar e do meio. O controlo da recirculação num sistema de leitos percoladores é importante para controlar a carga orgânica afluente ao leito, reduzir odores, praga de moscas e entupimentos (WEF, 2007). Ocasionalmente, ocorre o desprendimento do biofilme, devido a processos de *sloughing* e erosão, prejudicando o tratamento.

Discos biológicos - Também denominados por biodiscos ou discos biológicos rotativos. Consistem em discos de plástico, PEAD ou PEMD, montados num eixo rotativo horizontal, dentro de um tanque e protegidos do sol e da chuva através de uma cobertura, que não deve ser de vidro (WEF, 2007). Os discos estão emersos, cerca de 40% e rodam a 1,0 a 1,6 r.p.m., de modo a que os microrganismos adiram ao suporte e formem biofilme, num ambiente aeróbio (Metcalf & Eddy, 2003). Este sistema pode operar apenas com um reator de biodiscos ou com baterias em série, paralelo ou divididas em estágios. Os discos estão separados entre si de 0,02 a 0,05 m e a uma distância do fundo do tanque de 0,2 m (Amaral e Maurício, 2012).

Os biodiscos são dimensionados para uma carga orgânica superficial de 1,5 a 2,0 kg CBO₅/100 m².dia e uma carga hidráulica de 0,08 a 0,16 m³/m².dia para remoção de carbono e de 0,04 a 0,1 m³/m².dia para nitrificação (Metcalf & Eddy, 2003). Este processo produz um efluente de excelente qualidade, removendo 85 a 95% da CBO₅ e SST (Spellman, 2014). A produção de lamas ronda o valor de 0,6 kg por cada kg de CBO removida, podendo efetuar-se a extração no decantador primário ou extrair a partir do primário e secundário separadamente.

De modo a operar corretamente uma ETAR com tratamento por discos biológicos, é necessário monitorizar a concentração de oxigénio dissolvido, o estado da biomassa e o pH. O pH óptimo de funcionamento é de 6,5 a 7,5 e a concentração de oxigénio no final do primeiro estágio deverá ser > 0,5 mg/L e no final do último estágio > 2 mg/L. Quando a concentração de oxigénio dissolvido é inferior ao recomendado e a carga orgânica no primeiro estágio é elevada, pode ocorrer formação de

escumas, originadas por bactérias filamentosas (WEF, 2007). Uma maneira simples de verificar se o tratamento está a funcionar corretamente é através da observação da cor do biofilme. Se este se apresentar cinzento significa que está tudo bem, se se apresentar avermelhado significa que ocorre nitrificação do meio, se se apresentar branco indica a presença de grandes concentrações de enxofre e se não se observar presença de biofilme significa mudanças severas na temperatura ou no pH do meio (Spellman, 2014).

2.3.2. Biomassa Suspensa

Os processos de biomassa em suspensão comumente utilizados em ETAR urbana, são os processos de lamas ativadas:

Lamas ativadas - Processo desenvolvido, em 1880, pelo Dr. Angus Smith, sendo que foram Arden e Lockett que, em 1914, publicaram a importância das lamas ativadas na remoção da CBO_5 (Metcalf & Eddy, 2003). Este inclui um reator biológico arejado onde os microrganismos floculam, um decantador secundário onde ocorre a separação sólido-líquido, um sistema de recirculação de lamas secundárias provenientes do fundo do decantador secundário e um sistema de extração de lamas, de modo a manter uma quantidade pré-determinada de microrganismos biologicamente ativos no reator biológico (Metcalf & Eddy, 2003). Os reatores são, normalmente, de fluxo contínuo e mistura completa, onde o efluente está continuamente a entrar e sair, em condições homogêneas (Mackenzie & Davis, 1998), podendo no entanto apresentar várias configurações.

Apresenta-se, na figura 2.4, um diagrama de tratamento por lamas ativadas com tanque de arejamento por ar difuso.

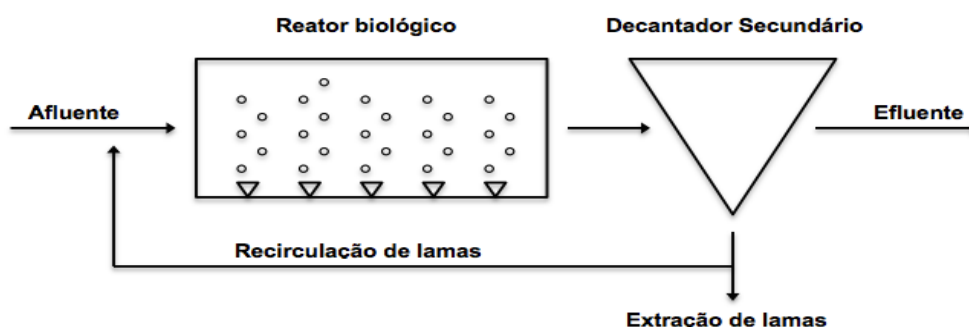


Figura 2.4 – Diagrama típico do sistema de lamas ativadas com reator biológico por ar difuso (adaptado de Rehnström, 2000)

Esta configuração pode funcionar na variante de baixa, média ou alta carga, sendo que os valores normalmente utilizados quer no dimensionamento quer na operação dos processos se apresentam na tabela 2.11.

A variante de baixa carga, ou arejamento prolongado, é uma modificação do processo de arejamento convencional e é utilizada, normalmente, para tratar o efluente de pequenos aglomerados populacionais. Esta variante dispensa, na maioria das vezes, a necessidade de tratamento primário, no entanto o volume do reator biológico é superior ao utilizado no arejamento convencional de modo a acomodar um tempo de retenção e uma idade de lamas elevados. Uma das vantagens desta variante é o facto de produzir menos lamas para desidratação, contudo eleva as necessidades de arejamento podendo aumentar os custos de exploração (Liu e Liptak, 1999).

O arejamento tem por objetivo fornecer oxigénio aos microrganismos e também manter as condições homogêneas do meio, de modo a que toda a matéria orgânica esteja em contato com os flocos biológicos e não se formem zonas anaeróbias (Gray, 2004). A concentração de oxigénio deve estar

entre 1,5 e 2 mg/L, caso não haja nitrificação, e 3 mg/L caso tal se verifique. Valores abaixo de 1 mg/L podem provocar anóxia e valores superiores a 4 mg/L aumentam os custos de energia e podem levar à formação de *bulking* de bactérias filamentosas (Metcalf & Eddy; Dapena e Ronzano, 2002).

Dependendo do tipo de arejador instalado, consegue-se uma melhor eficiência de transferência de oxigênio para o meio. Os arejadores de superfície de turbina lenta têm um coeficiente de transferência médio de 1,5 kg O₂/kWh e os de turbina rápida de 1,0 kg O₂/kWh. Se o sistema instalado for o de malha de difusores de fundo de bolha fina, conseguem-se melhores eficiências de transferência de oxigênio, sendo o coeficiente de transferência médio 2,5 Kg O₂/kWh (Mano, 2014).

Os custos de energia mais significativos de uma ETAR estão associados ao arejamento (Metcalf & Eddy, 2003), sendo que na tabela 2.10 apresentam-se os valores espectáveis de energia gasta em processos de lamas ativadas.

Tabela 2.10 – Valores espectáveis de energia gasta, associada ao arejamento, em processos de lamas ativadas (Mano, 2014)

Parâmetros	Variantes	
	Baixa carga	Média carga
kWh/kg CBO ₅ removida	0,65 – 0,82	0,35 – 0,65
kWh/m ³ água residual tratada	0,31 - 0,4	0,17 – 0,36

Processos de lamas ativadas com remoção de nutrientes - A água residual tem na sua composição macronutrientes, azoto e fósforo, que são potenciadores da eutrofização do meio, levando à degradação da qualidade da água (Barnard, 2006; Metcalf & Eddy, 2003). A presença excessiva destes nutrientes na água, devido à ação do Homem, provoca a formação de *blooms* algais levando à redução da concentração de oxigênio dissolvido nas massas de água, o que origina a morte das espécies piscícolas locais (EPA, 2001).

De modo a conseguir-se remover biologicamente azoto e fósforo no reator, tem de se proporcionar condições de anaerabiose, anóxia e aerabiose, nesta sequência e durante o tempo necessário para que as reações ocorram (Mano, 2014). Devido às variações, qualitativas e quantitativas, do caudal afluente, nem sempre é fácil operar corretamente um sistema deste tipo. Existem várias configurações de reatores, para remoção de nutrientes, contudo a mais utilizada é a apresentada na figura 2.5 (adaptado de Degremont, 2007; Qasim, 2000).

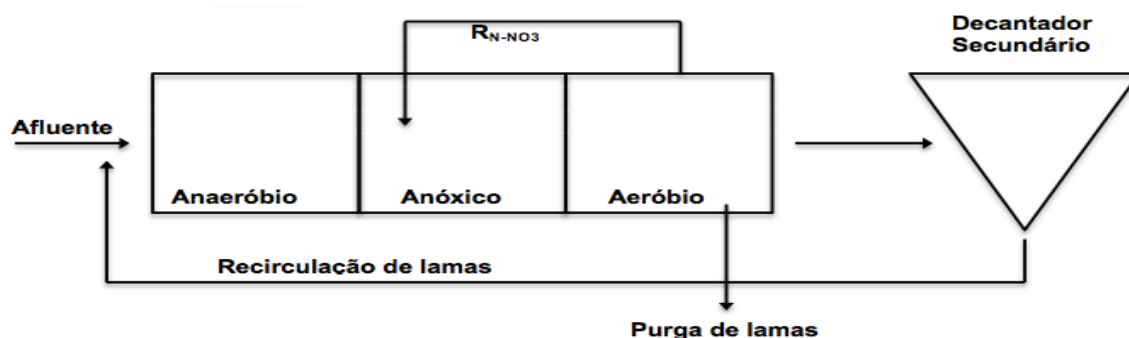


Figura 2.5 – Configuração típica do sistema de lamas ativadas com remoção de nutrientes. Sequência de reator anaeróbico, anóxico e aeróbico

A recirculação de nitrato, do reator aeróbico para o anóxico, deve variar entre 2 a 4 vezes os valores do caudal afluente, enquanto que a recirculação de lamas deverá variar de 0,5 a 1,5 (Jeyanayagam, 2005; Qasim, 2000). Este processo, denominado por A₂/O, consegue concentrações de azoto total inferiores a 10 mg/L e de fósforo inferiores a 2 mg/L no efluente final (Randall *et al.*, 1992), conseguindo remover 3 a 4 mg P-PO₄ por cada 100 mg/L de CBO₅ afluente.

Tabela 2.11 – Parâmetros, e valores, de dimensionamento de sistemas de lamas ativadas na configuração de reator biológico (Amaral e Maurício, 2012)

Variante	MS (g/L)	MVS (g/L)	β	Fatores de carga		Coeficientes				IL (dias)	Tr (horas)	Recirculação das lamas (% do Qmd)
				F/M (kg CBO ₅ /kg MVS.dia)	Carga Volúmica (kg CBO ₅ /m ³ .dia)	Lamas em excesso		O ₂ requerido				
						a	b	a'	b'			
Baixa Carga ou Arejamento Prolongado	4 - 8	3 - 5	0,65	0,03 - 0,135	< 0,3	0,6	0,05	0,55	0,06	> 30	16 - 24	100 - 300
Média Carga ou Arejamento Convencional	2 - 4	1,5 - 3	0,7	0,2 - 0,5	0,5 - 1	0,57	0,05	0,5	0,08	4 - 8	4 - 8	30 - 100
Alta Carga ou Arejamento Rápido	0,2 - 0,5	0,14 - 0,35	0,7	1,5 - 5	1,2 - 2,4	0,55	0,07	0,4	0,1	2 - 4	2 - 4	30 - 100

a' – fator relacionado com a síntese de material celular, Kg O₂/Kg CBO₅ eliminado

b' – fator de respiração endógena, Kg O₂/kg MVS.dia

$$\beta = \frac{MVS}{MS} \times 100$$

A figura 2.6 apresenta um diagrama de tratamento de lamas ativadas com configuração de vala de oxidação, na variante de baixa carga.

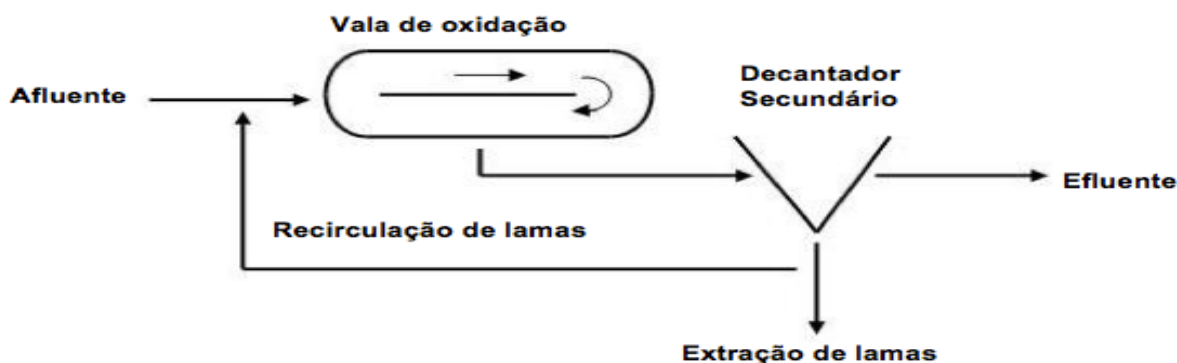


Figura 2.6 – Diagrama do sistema de lamas ativadas, com configuração de vala de oxidação (adaptado de Metcalf & Eddy, 2003)

Esta configuração consiste numa vala oval em que o arejamento e o fluxo é garantido através de rotores colocados num, ou mais, locais ao longo da vala, de modo a garantir concentrações de oxigénio dissolvido e velocidades mínimas, que devem rondar aproximadamente os valores de 0,25 a 0,30 m/s. O longo tempo de retenção hidráulico, 24 horas, e a elevada idade de lamas, 20 a 30 dias, leva a que ocorra nitrificação seguida de desnitrificação e conseqüente remoção de azoto (Metcalf & Eddy, 2003).

A configuração RDS, reator descontínuo sequencial, é constituída por um tanque que, de forma sequencial no tempo, tem a função de reator biológico e decantador secundário (Henze *et al.*, 1997), reduzindo a ocupação de espaço. Este processo permite a remoção de azoto e fósforo no mesmo reator. De modo a tratar um caudal constante de água residual urbana, são necessários vários reatores a operar em paralelo, visto que cada reator passa pelas etapas de enchimento, reação/arejamento, decantação e esvaziamento/extração (Kolmetz *et al.*, 2003). Nos RDS não é necessário a recirculação de lamas, reduzindo os custos de operação, visto a mistura líquida de sólidos suspensos se manter no reator durante todos os ciclos. No final de cada sequência, o efluente é descarregado e as lamas retiradas de modo a controlar a idade de lamas.

Os principais tipos de sistemas RDS são: reatores de nível variável em regime descontínuo, com elevado encaixe face a caudais de ponta; monoreator de nível variável em regime contínuo, constituídos por um único RDS e reatores de nível constante em regime contínuo alterado, que necessitam de, no mínimo, três compartimentos (Sardinha, 2013). A figura 2.7 apresenta o diagrama de um sistema de RDS tradicional.



Figura 2.7 – Diagrama do sistema de lamas ativadas, com configuração de RDS de nível variável em regime descontínuo (adaptado de Metcalf & Eddy, 2003)

Os critérios de dimensionamento dos processos de lamas ativadas nas variantes vala de oxidação e RDS resumem-se na tabela 2.12, sendo que os valores a negrito são propostos por Qasim (2000) e os restantes por Metcalf & Eddy (2003).

Tabela 2.12 – Parâmetros, e valores, de dimensionamento de sistemas de lamas ativadas na configuração de vala de oxidação e RDS (Metcalf & Eddy, 2003; Qasim, 2000)

Sistema	MS (g/L)	F/M (kg CBO ₅ /kg MVS.dia)	Carga Volúmica (kg CBO ₅ /m ³ .dia)	IL (dias)	Recirculação de lamas (% do Qmd)
Vala de Oxidação	3-5	0,04 - 0,10	0,1 - 0,3	15-30	75 - 150
	3-6	0,05 - 0,15	0,1 - 0,4	20-30	50 - 200
RDS	2-5	0,04 - 0,10	0,1 - 0,3	10-30	NA
	1,5-5	0,05 - 0,30	0,2 - 0,7	NA	NA

NA – não aplicável

2.4. Sedimentação nas lamas ativadas

A eficiência da sedimentação está relacionada com a capacidade que os microrganismos têm de se agrupar formando flocos biológicos de densidade superior à da água (Gray, 2004). Esse processo, denominado floculação, é promovido pela ação de biopolímeros extracelulares (BPE), compostos por polissacarídeos e proteínas de carga negativa, que atuam como pontes entre os microrganismos (Spellman, 2014). Contudo é necessária a presença de cátions divalentes, como o cálcio e o magnésio, que agem como pontes entre os BPE e as bactérias, permitindo a sua agregação e consequente formação de flocos (Grady *et al.*, 1999; Nguyen *et al.*, 2008; Wilén *et al.*, 2008). Os flocos biológicos são então uma combinação de microrganismos, BPE e bactérias.

As bactérias estruturais, dos flocos, que fornecem resistência à tração e à fragmentação são denominadas por filamentosas e atuam como meio de fixação de microrganismos e BPE (Parker, 2005). Se a sua presença for reduzida, os flocos vão apresentar dimensões reduzidas, esféricas e fácil fragmentação reduzindo a eficiência da separação sólido-líquido. Se a sua presença for excessiva, os flocos vão ter dimensões exageradas, mas pouco densas, prejudicando a sedimentação (Richard, 1989), sendo necessária uma concentração equilibrada de bactérias filamentosas para a formação de flocos com dimensões apropriadas.

Fatores como a concentração de oxigénio dissolvido, temperatura, pH, idade das lamas, recirculação, presença de substâncias tóxicas ou concentração de nutrientes, podem afetar a sedimentação das lamas, reduzindo as eficiências do tratamento (Bitton, 2005).

2.4.1. Tipos de sedimentação

Uma boa operação de sedimentação é fundamental para o bom funcionamento do tratamento por lamas ativadas, isto porque não proporciona apenas um efluente clarificado como também concentra os sólidos de modo a conseguir-se, através de recirculação, manter uma elevada concentração de biomassa no reator biológico (Carlsson, 1998). Existem quatro tipos de sedimentação, de acordo com a concentração de sólidos presente no afluente, interação das partículas no reator biológico e com o tempo disponibilizado para a separação. (Alves, 2010; Carlsson, 1998; EPA, 1997; Metcalf & Eddy, 2003):

- **Sedimentação de partículas discretas (tipo I)** – as partículas sedimentam individualmente, sem que hajam interações entre partículas vizinhas e, independentemente, da sua concentração. Este tipo de sedimentação aplica-se a areias, ocorrendo na fase de desarenação, e onde as propriedades das partículas se mantêm constantes.

- **Sedimentação de partículas floculentas (Tipo II)** – ocorre, normalmente, nos decantadores primários. Inicialmente as partículas sedimentam de forma independente, contudo, com o passar do tempo elas agregam-se aumentando a sua densidade e velocidade de sedimentação.
- **Sedimentação retardada (Tipo III)** – ocorre, normalmente, nos decantadores secundários. As ligações entre partículas vizinhas são suficientemente fortes para as manterem unidas, formando flocos biológicos que se agrupam formando um manto de lamas. A concentração das lamas é normalmente superior a 2 000 mg/L de MS_{DS} (Gray, 2004).
- **Sedimentação em compressão (Tipo IV)** – ocorre, normalmente, no fundo dos decantadores secundários e espessadores, quando a concentração de lamas é muito elevada. A velocidade de sedimentação é lenta sendo apenas possível devido ao peso das partículas, constantemente adicionadas, que comprimem o manto de lamas.

Na prática os quatro tipos de sedimentação podem ocorrer no mesmo decantador, sendo que, quando a concentração é muito elevada, as partículas sedimentam todas à mesma velocidade. Quando isto acontece, é possível distinguir uma zona clarificada, uma zona de transição e uma zona de compactação (figura 2.8). Com o passar do tempo, a zona intermédia de transição tende a desaparecer, ocorrendo o espessamento das lamas (Jordão e Pessoa, 1975).

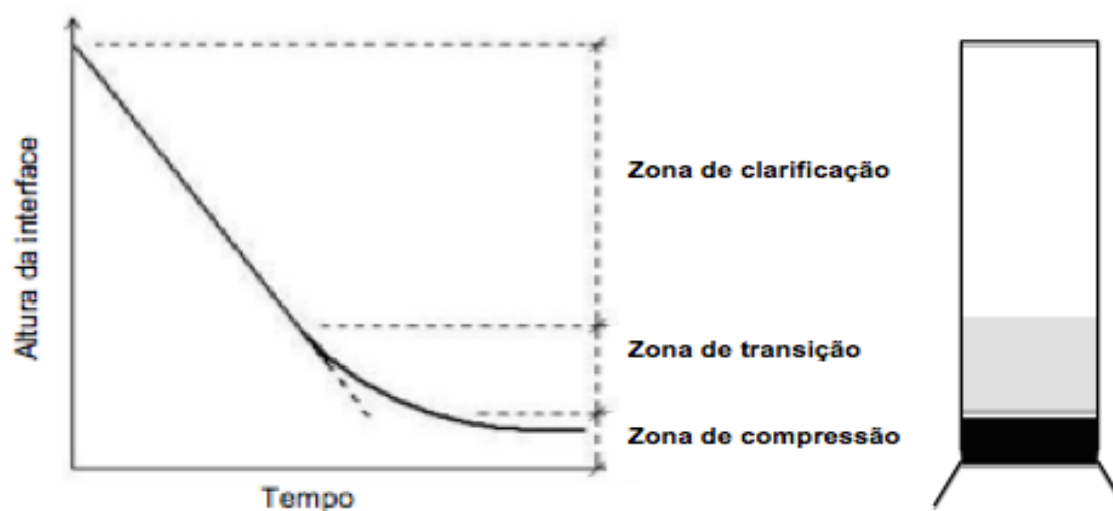


Figura 2.8 - Curva e cilindro de sedimentação, com representação da zona de clarificação, zona de transição e zona de compressão (adaptado de EPA, 1997; Metcalf & Eddy, 2003)

O declive da reta, na zona de clarificação, corresponde à velocidade de sedimentação, nessa mesma zona e, através dela, calcula-se a área de clarificação do decantador necessária para um dado caudal afluente.

Através da equação de Vesilind (1968) é também possível determinar a velocidade de sedimentação, em função da concentração inicial de sólidos totais em suspensão (Giokas *et al.*, 2003).

$$v_s = v_0 e^{-kCi} \quad (2.3)$$

v_s - velocidade de sedimentação (m/s);

v_0 - velocidade inicial de sedimentação (m/s), constante de Vesilind;

k - parâmetro empírico de sedimentação (m³/kg), constante de Vesilind;

C_i - concentração inicial de sólidos suspensos totais (kg/m³).

2.4.2. Problemas na separação sólido-líquido

A separação sólido-líquido é um fator determinante no processo de lamas ativadas. Os problemas a ela associados são provocados por fenómenos de *bulking* de filamentosas e não-filamentosas, flocos *pin-point*, *foaming*, desfloculação e desnitrificação excessiva (Bitton, 2005; EPA, 1997; Gray, 2004).

- **Bulking de filamentosas** – normalmente, associado ao tratamento de águas residuais industriais ou de águas residuais urbanas com forte componente industrial (Richard *et al.*, 1985). Uma concentração de substrato e oxigénio dissolvido reduzida, no reator biológico, pode conduzir a uma proliferação de bactérias filamentosas que impedem a sedimentação e compactação das lamas (Bitton, 2005; Gray, 2004; Lever, 2010). Nesse caso, é necessário aumentar a recirculação de lamas de modo a manter a concentração de lamas constante (Grady *et al.*, 1999).
- **Bulking não-filamentoso** – associado a bactérias que produzem excessivamente polissacarídeos em excesso que vão reduzir a sedimentação e compactação das lamas. Este problema pode ser corrigido com o doseando de cloro (Bitton, 2005).
- **Flocos pin-point** – ocorre quando a concentração de bactérias filamentosas estruturais dos flocos biológicos é baixa, levando a que estes se desagreguem em pequenos fragmentos (Bitton, 2005). Devido à sua reduzida densidade, não sedimentam, podendo ser arrastados, originando efluentes de má qualidade (Gray, 2004).
- **Foaming** – problema causado pela proliferação de bactérias filamentosas hidrofóbicas, do tipo *Nocardia*, *Gordonia* e *Microthrix*, que fixam os sólidos às bolhas de ar originando escumas escuras densas na superfície do reator (Bitton, 2005; Tsang *et al.*, 2008).
- **Desfloculação** – ocorre devido à presença excessiva de protozoários que degradam as bactérias que ajudam as lamas a flocularem e formarem flocos biológicos. Esta instabilidade leva a que os flocos se fragmentem em partículas de pequena dimensão e densidade, originando má sedimentação das lamas e efluentes de má qualidade. Este problema pode ser devido a elevadas cargas orgânicas de CBO₅ ou a reduzidas concentrações de oxigénio dissolvido no reator biológico (Bitton, 2005).
- **Desnitrificação excessiva** – ocorre quando, no decantador secundário, o tempo de retenção das lamas é tão elevado que origina condições anóxicas promovendo a desnitrificação do meio (Gray, 2004). A libertação de bolhas, pouco solúveis, de azoto gasoso, que se fixam aos flocos biológicos, leva à formação de uma espuma de lamas ativadas na superfície do decantador secundário (Bitton, 2005). Este problema origina um efluente de má qualidade, com elevadas concentrações de CBO₅, podendo ser evitado através de um aumento da recirculação.

2.5. Parâmetros de controlo das lamas ativadas

Para procurar limitar o funcionamento deficiente dos processos de lamas ativadas existem parâmetros de controlo que facilitam a exploração e manutenção de ETAR, de modo a que se cumpram os requisitos legais de emissão. Parâmetros como a recirculação ou a idade das lamas são bastante importantes para manter uma carga mássica constante no reator biológico e condições ideais de sedimentação (Eckenfelder *et al.*, 1986).

2.5.1. Monitorização analítica

De modo a controlar a recirculação e a idade de lamas é necessário determinar com regularidade a concentração de MS e MS_{DS} (Spellman, 2014). O método e os locais de recolha são determinantes na representatividade que a amostra recolhida deve refletir (Eckenfelder *et al.*, 1986).

A recolha no reator biológico deve ser efetuada no decorrer do processo de arejamento, onde as lamas se encontram misturadas e homogêneas. Na recolha das lamas secundárias, existem vários locais possíveis de amostragem, sendo os mais usuais na tubagem, por picagem, depois das eletrobombas da estação elevatória responsável pela recirculação ou na caixa de entrada do reator biológico aquando da recirculação (Sardinha, 2013).

Gray (2004) diz que as recolhas devem ser diárias, de modo a aumentar a eficiência do controlo, o que, contudo, implica elevados custos de mão de obra e de determinações analíticas. EPA (1997) diz que recolhas semanais são suficientes, sem que se reduza a eficiência no controlo. É aconselhado um balanço ponderado entre estas duas referências de modo a que sejam garantidas boas eficiências de controlo sem aumentar em demasia os custos.

2.5.2. Concentração de sólidos no reator biológico

A concentração de sólidos suspensos totais no reator biológico é um importante parâmetro no controle da operação de sistemas de lamas ativadas e deve ser mantida entre os valores de 2 000 a 5 000 mg/L (Grady *et al.*, 1999; Gray, 2004).

De modo a determinar-se a concentração de sólidos em suspensão totais, voláteis utiliza-se o método descrito em *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 20th. Ed.

2.5.3. Idade de lamas (θ)

A idade das lamas é um parâmetro muito utilizado no controlo do processo de lamas ativadas e expressa o tempo de residência que os flocos biológicos devem permanecer no sistema até que sejam extraídos. A idade das lamas define-se pela concentração de sólidos no reator biológico a dividir pela quantidade total de sólidos extraídos, e pode ser determinada através da equação (2.4) (Spellman, 2014).

$$\theta = \frac{V \times MS}{Q_p \times MS_{DS}} \quad (2.4)$$

V – volume do reator biológico (m³);

MS – concentração de sólidos suspensos totais no reator biológico (mg/L);

MS_{DS} - concentração de sólidos suspensos totais no decantador secundário (mg/L);

Q_p – caudal de purga das lamas secundárias (m³/dia);

θ - idade de lamas (dias).

As lamas devem permanecer no sistema de modo a estarem biologicamente ativas pelo período máximo de tempo e até se começarem a deteriorar (EPA, 2007). Esse tempo de residência depende do regime de operação, sendo que ETAR a funcionar em baixa carga tem, normalmente, idades de lamas superiores a ETAR em média carga. As faixas de valores são apresentadas na tabela 2.11.

De modo a manter constante a idade das lamas deve purgar-se, periodicamente, um determinado caudal de lamas em excesso, normalmente a partir da estação elevatória associada ao decantador secundário (EPA, 2007). Essa purga pode ser efetuada de forma contínua ou faseada ao longo do dia, até que a soma dos caudais purgados num dia seja igual ao valor estimado através da equação (2.4). A colocação de um medidor de caudal na tubagem garante uma extração das lamas controlada, facilitando o processo da purga.

A idade de lamas de um processo de lamas ativadas não deve ser alterada como forma de correção de problemas a curto prazo, visto que essa alteração apenas surge efeito 1 a 1,5 vezes a idade de lamas (Sardinha, 2013). Problemas a curto prazo podem ser corrigidos através do ajuste da recirculação das lamas.

2.5.4. Recirculação de lamas

A recirculação das lamas é o que torna o processo de lamas ativadas exequível, mantendo uma concentração suficiente de microrganismos biologicamente ativos no tanque de arejamento para degradar a carga orgânica afluyente (Spellman, 2014). Se a recirculação não for suficiente o tanque de arejamento pode tornar-se num ambiente séptico, ocorrendo acumulação de lamas no decantador secundário, diminuindo as eficiências de tratamento (Degrémont, 2007). As técnicas de controlo baseiam-se na manutenção de uma concentração ideal de MS ou numa altura ideal do manto de lamas no decantador secundário (EPA, 2007).

O conteúdo do tanque de arejamento é, na sua maioria, proveniente das lamas recirculadas pelo que se pode realizar um balanço de massa de modo a determinar o caudal de recirculação (2.5) (EPA, 1997; Metcalf & Eddy, 2003).

$$MS_{DS} \times Q_r = MS (Q_r + Q) \quad (2.5)$$

A equação (2.5) pode ser transformada de modo a simplificar a determinação do caudal de recirculação, como apresentado na equação (2.6) (EPA, 1997; Metcalf & Eddy, 2003).

$$Q_r = \frac{MS \times Q}{MS_{DS} - MS} \quad (2.6)$$

Existem outras técnicas para controlar a recirculação, quer seja através do teste do índice volumétrico das lamas (2.7) (Metcalf & Eddy, 2003) e (2.8) (Punmia & Jain, 1998), ou através do teste cone *Imhoff* (2.9) (Degrémont, 2007) e tabela 2.13.

$$R = \frac{100}{\left[\left(\frac{100}{MS} \times IVL\right) - 1\right]} \quad (2.7)$$

$$R = \frac{MVS \times 100}{\left(\frac{10^6}{IVL} - MVS\right)} \quad (2.8)$$

$$R = \frac{V_{30} \times 100}{1000 - V_{30}} \quad (2.9)$$

Conhecendo a razão de recirculação, o caudal de recirculação pode então ser determinado através da equação (2.10).

$$Q_r = \frac{R \times Q}{100} \quad (2.10)$$

R – razão de recirculação (%);

IVL – índice volumétrico de lamas (mL/g);

MS_{DS} - concentração de sólidos suspensos totais no decantador secundário (mg/L);

MS – concentração de sólidos suspensos totais no reator biológico (mg/L);

MVS – concentração de sólidos suspensos voláteis no reator biológico (kg MVS/m³);

Q – caudal afluyente ao decantador secundário (m³/dia);

Q_r – caudal de recirculação (m³/dia);

V₃₀ – volume ocupado pelos sólidos sedimentáveis, no cone *Imhoff* ao fim de 30 minutos (mL/L).

EPA (1997) diz que a razão de recirculação deverá poder variar entre 50 a 100%, do caudal médio diário, em ETAR de grande dimensão e até 150% em ETAR de pequena dimensão. O manual de operação da empresa ACQUA ENGENHARIA refere que a razão de recirculação deverá estar compreendida entre 30 e 150% e pode ser estimada em função dos sólidos sedimentáveis obtidos no reator biológico através do teste do cone *Imhoff* (tabela 2.13).

Tabela 2.13 – Razão de recirculação em função dos sólidos sedimentáveis

Sólidos sedimentáveis (mL/L)	Razão de recirculação (%)
100	10
200	25
300	40
400	75
500	100

Apesar de ser de fácil ajuste, a razão de recirculação não deve ser modificada abruptamente, deve ser modificada de forma faseada nunca excedendo os 20% num único dia (Grady *et al.*, 1999).

2.5.5. Teste do cone *Imhoff* (sólidos sedimentáveis)

O teste do cone *Imhoff* é uma forma prática de verificar a sedentabilidade das lamas, procurando reproduzir as condições de sedimentação no decantador secundário. É normalmente realizado durante o processo de arejamento e consiste na toma de 1 litro de mistura líquida, que é depositada num cilindro graduado ou num cone *Imhoff* onde, ao fim de 30 minutos, se verifica o volume ocupado pelas lamas. Ao realizar o teste, o operador deve estar atento à cor e odor da mistura e sobrenadante que se forma no cone.

Se a mistura for castanha clara e apresentar um odor idêntico ao do afluente bruto, é porque se trata de uma lama mal formada, sinal que a razão de recirculação é reduzida ou a extração é excessiva. Uma lama mal formada apresenta, normalmente, valores na ordem dos 800 aos 900 mL/L no teste do cone *Imhoff* o que pode representar má sedentabilidade (Schwindamann, 2010).

Se a mistura for castanha escura e apresentar um odor forte é porque se trata de uma lama velha, sinal que a extração é reduzida. Uma lama velha apresenta, normalmente, valores na ordem dos 200 mL/L no teste do cone *Imhoff*. Neste caso é recomendável que o operar realize um teste paralelo utilizando uma diluição 1:2 para verificar qual teste sedimenta mais rápido. Se o teste com a mistura diluída sedimentar primeiro significa que as lamas podem conter bactérias filamentosas (Schwindamann, 2010).

Uma lama adulta ideal deve apresentar uma cor acastanhada achocolatada, um odor a mofo, valores na ordem dos 300 mL/L no teste do cone *Imhoff* e um sobrenadante clarificado, sem sólidos suspensos (Schwindamann, 2010).

O teste do cone *Imhoff* é um teste prático de controlo, que deve ser realizado, diariamente, de modo a controlar o nível do manto de lamas no decantador secundário. De modo a reduzir o nível do manto de lamas, evitando o arrastamento de sólidos no efluente tratado, deve-se aumentar a recirculação, e vice-versa.

Existem outros métodos de medição do nível do manto de lamas, como por exemplo o Sludge-Judge, que é um equipamento prático e que deve ser utilizado diariamente (AdO, 2012).

2.5.6. Índice volumétrico de lamas (IVL)

O teste do IVL é o mais antigo e provavelmente o mais utilizado na determinação da sedimentabilidade das lamas, tendo sido desenvolvido por Mohlman em 1934 (Catunda e Haandel, 1992). Conhecendo o volume de sólidos sedimentáveis ao fim de 30 minutos e a concentração de MS no reator biológico, é possível determinar o IVL, conforme a equação (2.11) (Degrémont, 2007; Rojas, 2004):

$$IVL = \frac{V_{30}}{MS} \quad (2.11)$$

IVL – índice volumétrico de lamas (mL/g);

V₃₀ – volume ocupado pelos sólidos sedimentáveis, no cone *Imhoff* ao fim de 30 minutos (mL/L);

MS - concentração de sólidos suspensos totais no reator biológico (mg/L).

Para valores do parâmetro V₃₀ de 300 mL/L e de MS de 3 000 mg/L o IVL é de 100 mL/g, valor que representa uma boa sedimentação de lamas. Na realidade, esse é um valor referência, visto que valores inferiores representam uma melhor capacidade de sedimentação e valores superiores representam uma fraca capacidade de sedimentação, como apresentado na tabela 2.14 (Metcalf & Eddy, 2003)

Tabela 2.14 – Sedimentação das lamas conforme o teste do IVL

Sedimentação das lamas	IVL (mL/g)	
	Gray, 2004	ACQUA ENGENHARIA
Excelente	< 80	< 90
Boa	100	90 - 150
Fraca	> 120	> 150

Pelo facto do teste do cone *Imhoff* procurar simular as condições de sedimentação das lamas no decantador secundário, é possível determinar, assumindo que não há perdas de sólidos na recirculação, a concentração das lamas secundárias através do IVL e representado na equação (2.12) (Ramalho, 1983).

$$MS_{DS} \text{ (mg/L)} = \frac{10^6}{IVL} \quad (2.12)$$

Um dos problemas que se colocam à fiabilidade deste teste é a idade das lamas que, se for baixa, aumenta os desvios nos resultados do IVL (Catunda e Haandel, 1992) e a concentração de MS que, se for elevada, diminui os valores do IVL. Dick e Vesilind (1969) referem que o limite máximo de concentração de MS admissível para a fiabilidade do teste do IVL é de 6 000 mg/L enquanto que Gray (2004) refere que é de 4 000 mg/L.

2.5.7. Carga mássica (F/M)

A carga mássica corresponde à razão entre o substrato afluente e os microrganismos presentes no reator biológico e é um parâmetro de controlo importante visto a quantidade de microrganismos influenciar a eficiência do tratamento (Degrémont, 2007; EPA, 1997; Orhon e Artan, 1994). Pode ser expresso através da seguinte equação:

$$\frac{F}{M} = \frac{S \times Q}{MVS \times V} = \frac{S}{MVS \times Trh} \quad (2.13)$$

F – *food*, substrato afluente;

M – *microorganisms*, microrganismos presentes no reator biológico;

S – concentração orgânica de CBO₅ presente no caudal afluente (kg CBO₅/m³);

Q – caudal afluente (m³/dia);

MVS – concentração de sólidos suspensos voláteis no reator biológico (kg MVS/m³);

V – volume do reator biológico (m³);

Trh – tempo de retenção hidráulico no reator biológico (dias).

É possível encontrar relações entre o IVL e a carga mássica, como se pode observar através da figura 2.9.

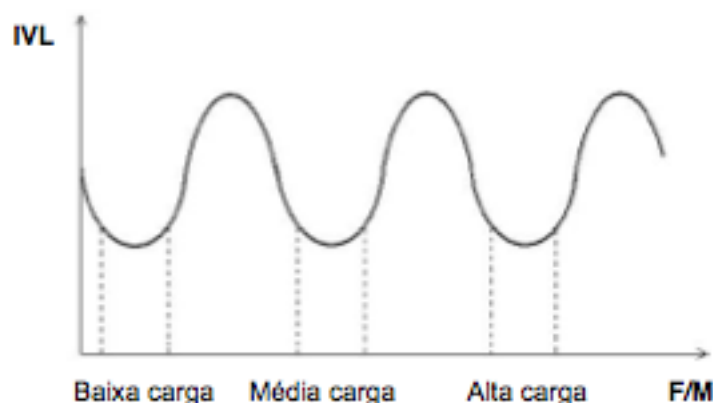


Figura 2.9 – Curva de relação entre valores de IVL e F/M (Amaral e Maurício, 2012)

Os valores mais reduzidos de IVL correspondem a melhores condições de sedimentação das lamas, pelo que, o valor da carga mássica ideal para cada regime de operação, corresponde ao seu valor mínimo. Na tabela 2.15 apresentam-se as faixas de carga mássica para cada regime de operação (Metcalf & Eddy, 2003).

Tabela 2.15 – Valores óptimos de carga mássica consoante o regime de operação (Metcalf & Eddy, 2003)

Variante	Razão F/M (kg CBO ₅ /kg MVS.dia)
Baixa Carga ou Arejamento Prolongado	0,05 – 0,15
Média Carga ou Arejamento Convencional	0,2 – 0,4
Alta Carga ou Arejamento Rápido	0,4 – 1,5

Quando a carga mássica é elevada significa que existe muito “alimento” para os microrganismos presentes no reator biológico, o que pode originar uma má formação de flocos biológicos, reduzindo a sedimentação das lamas e, conseqüente, a eficiência de tratamento. Quando a carga mássica é reduzida significa que existem muitos microrganismos para o “alimento” aflúente, levando a que estes necessitem de realizar respiração endógena, deteriorando os flocos biológicos (Gray, 2004).

Visto não ser possível controlar a concentração de substrato aflúente, para manter uma razão de carga mássica constante, é necessário controlar a concentração de microrganismos presentes no reator biológico através da recirculação. Após estar a funcionar com a carga mássica ideal, e através da equação (2.14), é possível determinar o valor necessário de microrganismos no tanque de arejamento para que a situação se mantenha, aumentando ou diminuindo a recirculação (EPA, 1997).

$$\text{Kg MVS.dia} = \frac{\text{kg CBO}_5}{F/M} \quad (2.14)$$

Se a concentração real for inferior à teórica deve aumentar-se a recirculação ou diminuir a extração, se for superior deve reduzir-se a recirculação ou aumentar a extração de lamas (EPA, 1997).

Na tabela 2.16 resumem-se as principais atividades que devem ser contempladas no controlo da operação de uma ETAR.

Tabela 2.16 – Principais atividades no controlo da operação de uma ETAR

Atividades a desenvolver	Periodicidade	
	Diária	Semanal
Leitura do pH	✓	
Limpeza das sondas de O.D.	✓	
Teste do cone <i>Imhoff</i>	✓	
Utilizar o <i>Sludge-judge</i>	✓	
Recolha de amostras*		✓
Determinação do IVL		✓
Determinação do F/M		✓
Determinação do Qp		✓
Ajuste do Qp		✓
Determinação do Qr		✓
Ajuste do Qr	✓	

* - Determinação dos parâmetros CBO₅ afluente, MS, MS_{DS} e MVS

3. CASO DE ESTUDO - ETAR de Colares S1

A avaliação das condições de exploração em ETAR de lamas ativadas foi efetuada através do recurso a um caso de estudo, a ETAR de Colares S1. Esta ETAR faz parte das infraestruturas exploradas pelos SMAS de Sintra (concelho de Sintra), que é uma empresa pública responsável pelo abastecimento de água para consumo e pelo tratamento das águas residuais do concelho de Sintra explorando quinze ETAR. A rede de drenagem totaliza um comprimento total de 1 000 km servindo 98% da população do concelho de Sintra (www.smas-sintra.pt).

A ETAR em estudo está localizada na freguesia de Colares, no caminho do Reconco em Covões e serve os habitantes de catorze aglomerados populacionais, cerca de 30 000 hab.eq. através de um processo de lamas ativadas a funcionar num regime de média carga. Estes processos são os que apresentam uma operação mais dispendiosa, sendo, contudo, os mais utilizados (Sardinha *et al.*, 2002). Deste modo, importa otimizar as metodologias de controlo e operação de modo a aumentar as eficiências de tratamento e reduzir os custos de exploração.

Assim, considerou-se relevante avaliar as atuais condições de funcionamento do processo de lamas ativadas da ETAR de Colares S1, avaliando os parâmetros de controlo carga mássica (F/M), índice volumétrico de lamas (IVL) e idade de lamas (θ).

Este capítulo tem como objetivo apresentar a ETAR de Colares S1, descrevendo a sua linha de tratamento, valores de dimensionamento e os métodos utilizados na sua operação diária.

3.1. Localização

O sistema 1 de Colares está localizado na região de Lisboa, concelho de Sintra, freguesia de colares, no caminho do Reconco em Covões, e tem como coordenadas geográficas Latitude 38° 48' 30"N e Longitude 9° 27' 38"O (figura 3.1).



Figura 3.1 – Ortofotomapa da ETAR de Colares S1 (fonte: *GoogleEarth*)

3.2. Descrição

A ETAR destina-se ao tratamento das águas residuais domésticas de 14 aglomerados populacionais, Várzea de Colares, Galamares, Vinagre, Eugaria, Penedo, Colares, Mucifal, Banzão, Morelinho, Nafarros, Janas, Rodízio, Praia das Maças e Azenhas do Mar sendo um dos sistemas de maiores dimensões.

A solução de tratamento é baseada no processo biológico de lamas ativadas em regime de média carga, incluindo o tratamento da fase sólida uma estabilização anaeróbia em regime de baixa carga, tendo sido dimensionada para os dados de base apresentados na tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Dados de dimensionamento da ETAR de Colares S1 (memória descritiva do projeto de execução – ETAR de Colares S1)

Parâmetros (unidades)	Ano zero		Ano hp	
	Época Baixa	Época Alta	Época Baixa	Época Alta
População (hab.)	6 770	16 470	10 327	24 300
Qmd (m ³ /dia)*	1 625	3 950	2 389	6 345
Qp (L/s)**	45	110	66	176
Carga de CBO ₅ (kg/dia)	366	889	558	1 312
Carga de SST (kg/dia)	609	1 482	929	2 187

* - captação de água de 300 L/hab.dia e coeficiente de afluência de 0,8

** - fator de ponta de 2,4

A obra, projetada para entrar em funcionamento em 1992, foi iniciada apenas em 1995 e concluída em 1996, tendo como ano de arranque 1999. Este atraso leva a que o ano horizonte de projeto se altere, de 2012 para 2019, desde que a capacidade máxima hidráulica e de tratamento não seja alcançada.

A instalação foi projetada para funcionar com duas linhas de tratamento em paralelo, como é possível verificar na figura 3.2, ou mais pormenorizadamente através dos diagramas lineares que se encontram no anexo 4, figura A.4.1 e A.4.2.

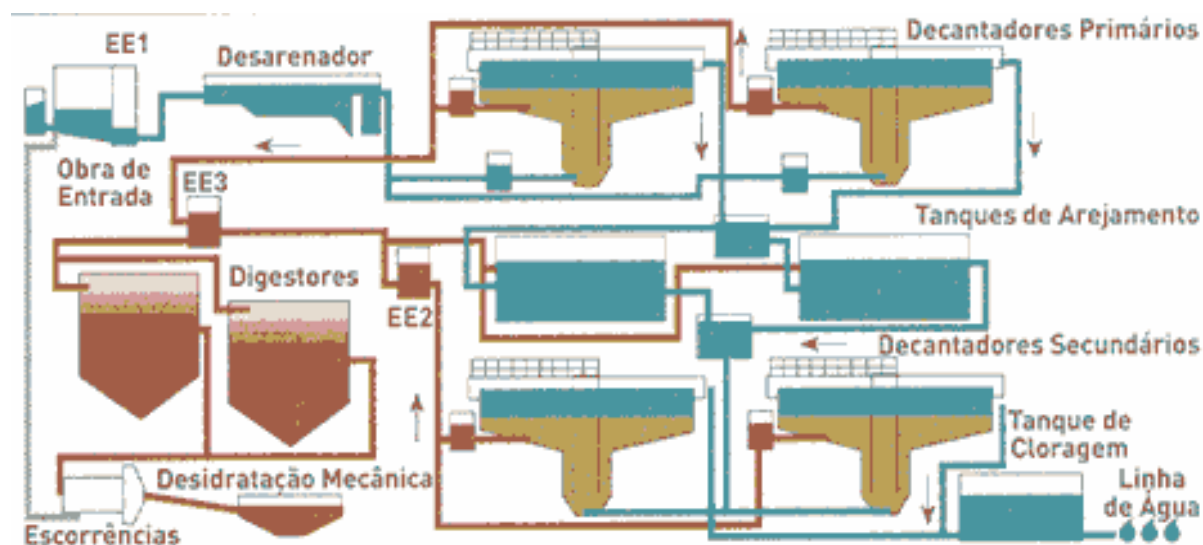


Figura 3.2 - Diagrama linear simplificado da ETAR de Colares S1 (adaptado de www.smas-sintra.pt)

Como é possível observar através da figura 3.2, existem, nesta instalação, três estações elevatórias, cada uma com funções específicas, que possibilitam o tratamento da água residual afluente. São designadas por:

EE1 – Esta elevatória serve para elevar o efluente da gradagem para os desarenadores sendo constituída por três grupos eletrobomba submersíveis (2+1) de funcionamento automático através de medidor de nível ultrassônico ou por boias. Estes grupos elevam um caudal de 360-425 m³/h a uma altura de 12,8-14,4 m.

EE2 – Constituída por três grupos eletrobomba submersíveis com arranque e paragem automáticos em função dos níveis no poço de bombagem. Estes grupos elevam um caudal de 140-180 m³/h a uma altura de 2-3,5 m. Esta elevatória efetua a recirculação das lamas secundárias para o tanque de arejamento de modo a manter a concentração de sólidos estável, ou se for o caso, eleva as lamas para o fim do canal *Parshall* onde serão encaminhadas para os decantadores primários e posteriormente extraídas para a EE3.

EE3 - Constituída por dois grupos eletrobomba submersíveis próprios para bombagem de lamas mistas para os digestores. Estes grupos elevam um caudal de 130-189 m³/h a uma altura de 4,6-6,5 m. Existe um poço anexo à EE3 para descargas dos carros limpa-fossas.

O tratamento da fase líquida contempla desinfecção, onde o efluente tratado é parcialmente aproveitado para lavagem dos órgãos da ETAR, rega dos espaços verdes e utilizado para abastecer um ponto Ecoágua (marco de incêndio, de cor verde, para aproveitamento em lavagem de ruas e outras utilizações), sendo composto pelos seguintes órgãos:

Obra de entrada - É constituída por dois canais paralelos, com 0,65 m de largura e 0,85 m de altura, um com grelha mecânica do tipo curvo e o outro com grade manual de 30 mm funcionando como “by-pass” da primeira.

Após gradadas as águas residuais seguem para a EE1, onde são elevadas para dois canais desarenadores gravíticos com 1,10 m de altura total e 13 m de comprimento com inclinação de fundo a 1%, que funcionam como “by-pass” um do outro. Estes desarenadores estão associados a um único canal *Parshall* onde é efetuada a medição contínua e instantânea do caudal através de um caudalímetro com sensor ultrassônico. A remoção das areias faz-se através da abertura de uma válvula para uma caixa de drenagem lateral, onde são manualmente retiradas e encaminhadas para um contentor de areias.

Não existe desgordurador, sendo que as gorduras são removidas nos decantadores primários.

Decantadores primários - A decantação primária, separação sólido-líquido, é realizada em dois tanques cilíndrico-cônicos com um diâmetro de 11,50 m e um volume útil de 208 m³ com funcionamento por corrente radial ascendente, onde as águas residuais entram pela parte central dos decantadores e saem através de um descarregador periférico sendo encaminhadas para o órgão de tratamento a jusante. As condições de funcionamento de dimensionamento estão apresentadas na tabela 3.2.

A remoção de lamas é efetuada mecanicamente através de pontes raspadoras de fundo de velocidade lenta, cuja função é concentrar as lamas na fossa central acoplada à base menor do tronco do cone da câmara de decantação. Esta fossa de lamas é um compartimento cilíndrico-cônico de fundo plano, munida de uma eletroválvula, a partir da qual são extraídas lamas primárias ou mistas, que vão graviticamente para a EE3.

Os decantadores primários encontram-se, igualmente, munidos de um sistema de desgorduramento com base num deflector associado a um mecanismo de remoção que, mediante uma pá raspadora móvel superficial acoplada à ponte raspadora de superfície, promove o encaminhamento das escumas para um descarregador que as encaminha para a EE3.

Tabela 3.2 – Condições de funcionamento de dimensionamento dos decantadores primários (memória descritiva do projeto de execução – ETAR de Colares S1)

Parâmetros (unidades)	Afluência	Ano zero		Ano hp	
		Época Baixa	Época Alta	Época Baixa	Época Alta
Carga hidráulica ($\text{m}^3/\text{m}^2.\text{h}$)	Qmd	0,65	0,79	0,96	1,3
	Qp	1,6	1,9	2,3	3
Tempo de retenção hidráulico (h)	Qmd	3,1	2,5	2,1	1,6
	Qp	1,3	1,1	0,89	0,66

Reatores biológicos - O arejamento processa-se em dois tanques de betão, de seção quadrangular com 11,50 m de lado, uma altura média útil de 4,28 m e um volume útil de 529 m^3 , cada um munido de um arejador superficial de eixo vertical e turbina tipo actirotor com uma potência de 22 kW e 59 r.p.m., podendo fazer-se variar a capacidade de oxigenação em função da imersão no tanque. Em cada tanque encontra-se instalado um medidor de oxigénio dissolvido (OD), que permite o comando automático da turbina, consoante os valores de OD.

As características de funcionamento dos tanques de arejamento estão presentes na tabela 3.3.

Tabela 3.3 - Condições de funcionamento de dimensionamento dos tanques de arejamento (memória descritiva do projeto de execução – ETAR de Colares S1)

Parâmetros (unidades)	Ano zero		Ano hp	
	Época Baixa	Época Alta	Época Baixa	Época Alta
Unidades em funcionamento	1	2	2	2
Sólidos totais (kg MS)	1 411	2 821	1 411	2 821
Sólidos voláteis (kg MVS)	1 058	2 116	1 058	2 116
Carga mássica ($\text{kg CBO}_5/\text{kg MS}$)	0,17	0,2	0,3	0,26
Carga mássica ($\text{kg CBO}_5/\text{kg MVS}$)	0,23	0,27	0,35	0,4
Carga volúmica ($\text{kg CBO}_5/\text{m}^3.\text{dia}$)	0,45	0,54	0,69	0,8
Tempo de retenção hidráulico (h)	7,8	6,4	5,3	4
Lamas em excesso (kg/dia)	111	169	250	488
Idade das lamas (dias)	12,1	13,4	6	5,7
Potência do processo (kW)	13	30	17	38
Potência utilizada (kW)	22	2 x 22	2 x 22	2 x 22

Decantadores secundários - Os decantadores secundários têm forma e funcionamento semelhante aos decantadores primários, apresentando um diâmetro de 14,50 m e um volume útil de 475 m^3 cada estando apenas equipados com raspador de fundo. As suas características de funcionamento apresentam-se na tabela 3.4.

As lamas decantadas são removidas para uma fossa anexa e enviadas para a EE2, para posterior recirculação ou extração.

Tabela 3.4 – Condições de funcionamento de dimensionamento dos decantadores secundários (memória descritiva do projeto de execução – ETAR de Colares S1)

Parâmetros (unidades)	Afluência	Ano zero		Ano hp	
		Época Baixa	Época Alta	Época Baixa	Época Alta
Carga hidráulica ($\text{m}^3/\text{m}^2.\text{h}$)	Qmd	0,4	0,5	0,6	0,8
	Qp	0,98	1,2	1,4	1,9
Tempo de retenção hidráulico (h)	Qmd	7	5,8	4,8	3,6
	Qp	2,9	2,4	2	1,5
Carga de sólidos ($\text{kg}/\text{m}^2.\text{h}$)	Qmd	2,2	2,7	3,2	4,3
	Qp	3,7	4,5	5,4	7,3

Tanque de cloragem - O tanque de cloragem tem um volume útil de 200 m³ e possui quatro chicanas, de modo a que o tempo de contato a caudal máximo bombado seja superior a 15 minutos.

O cloro gasoso está armazenado numa casa com ventilação e possível "lavagem" do ar com soda cáustica. É um sistema 1+2 com um tambor de 1 t e possibilidade de *change-over* para duas garrafas de 65 kg.

A descarga do efluente é efetuada na Ribeira de Colares, em condições que cumprem o estabelecido nos Decretos-lei 236/98 e 152/97, e também na licença de utilização de recursos hídricos para rejeição de águas residuais emitida pela APA para a ETAR de Colares S1 (tabela 3.5).

Tabela 3.5 – Valores limite de emissão da licença de descarga inerente à ETAR de Colares S1

Parâmetros	VLE	Legislação
SST	35 mg/L	DL nº152/97 de 19 de Junho Anexo XVIII
CBO ₅	25 mg/L O ₂	
CQO	125 mg/L O ₂	
Coliformes fecais	2 000 NMP/100 mL	(*)
Cloro residual livre total	1,0 mg/L Cl ₂	DL nº236/98 de 1 de Agosto Anexo XVIII
pH	6-9 (Escala de <i>Sørensen</i>)	

* - Critérios de aplicação do DL nº152/97 de 19 de Junho e do DL nº198/98 de 8 de Outubro estabelecidos pela Comissão de Acompanhamento da Diretiva das Águas Residuais Urbanas

No entanto, a licença de descarga permite que, no decorrer do ano civil, ocorram amostras não conformes não devendo serem superiores ao dobro do VLE. O número de amostras não conformes, para cada parâmetro, e os valores máximos admitidos encontram-se na tabela seguinte.

Tabela 3.6 – Valores máximos admitidos da licença de descarga inerente à ETAR de Colares S1

Parâmetros	VMA	Nº de amostras não conformes *	Legislação
SST	87,5 mg/L	2	Alínea b do nº4 da Secção D do Anexo I do DL nº 152/97 de 19 de Junho e critérios de aplicação
CBO ₅	50 mg/L O ₂	2	
CQO	250 mg/L O ₂	2	
Coliformes fecais	20 000 NMP/100 mL	1	Critérios de aplicação
Cloro residual livre total	2,0 mg/L Cl ₂	1	Alínea b do nº4 da Secção D do Anexo I do DL nº 152/97 de 19 de Junho e critérios de aplicação

* - No decorrer do ano civil

O tratamento da fase sólida é efetuado através de:

Digestores anaeróbios - Os dois digestores anaeróbios têm forma cilíndrica com fundo pouco inclinado, têm um diâmetro útil de 15 m e uma altura útil de 6,10 m. O volume útil de cada digestor é de 940 m³, onde as lamas primárias e mistas permanecem por um período de retenção não inferior a 70 dias (tabela 3.7), só depois são encaminhadas para espessamento e desidratação.

Tabela 3.7 - Condições de funcionamento de dimensionamento dos digestores anaeróbios (memória descritiva do projeto de execução – ETAR de Colares S1)

Parâmetros (unidades)		Ano zero		Ano hp	
		Época Baixa	Época Alta	Época Baixa	Época Alta
Lamas para digestão (kg/dia)	Primárias	338,5	823,5	516,2	1 215
	Em excesso	111	169	250	488
	Total	449,5	992,5	766,2	1 703
Lamas para digestão (m ³ /dia)		11,2	24,8	19,2	42,6
Lamas digeridas (kg/dia)		247,2	545,9	421,4	936,6
Lamas digeridas (m ³ /dia)		3	6,6	5,1	11,3
Tempo de retenção (dias)		133	121	78	70

Tanque de lamas estabilizadas - Este órgão não foi contemplado no projeto execução, contudo existe na ETAR um tanque, anexo ao edifício de desidratação, que funciona em vasos comunicantes com os digestores. Este tanque tem o objetivo de equalizar as lamas estabilizadas, espessando-as antes do processo de desidratação.

Desidratação mecânica das lamas - A lama líquida, com uma concentração inicial de sólidos de 2 a 5%, proveniente do tanque de lamas estabilizadas, é desidratada com o auxílio de PE, no filtro de banda a 20-30% em matéria seca e encaminhada, através de um parafuso sem fim, para um contentor que fica no exterior do edifício de desidratação enquanto que as escorrências vão para uma caleira que as conduz para a EE1.

As lamas são enviadas para o filtro por meio de duas bombas de alimentação volumétricas, e o PE, preparado internamente numa unidade equipada com um agitador vertical com velocidade variável, por duas bombas doseadoras. A mistura lama-poli ocorre na tubagem que dá acesso ao filtro banda, onde as lamas já floculadas são uniformemente distribuídas e desidratadas.

As lamas desidratadas são enviadas, pela empresa prestadora de serviços EGEO, para a estufa de lamas existente no Sistema 2, onde se depositam todas as lamas desidratadas das ETAR dos SMAS de Sintra. Posteriormente, a empresa TERRA FÉRTIL, Lda é responsável pelo reencaminhamento dessas lamas para valorização agrícola.

3.3. Modo de Operação

De modo a procurar adquirir um conhecimento mais aprofundado das rotinas diárias, foi efetuado o acompanhamento do modo de operação e exploração da ETAR, realizado pelos operadores de serviço e de acordo com o Manual de procedimentos para a exploração da ETAR de Colares S1.

A ETAR de Colares S1 tem dois operadores que trabalham diariamente das 8 h às 12 h e das 13 h às 16 h. Na parte da manhã realizam todas as tarefas diárias de manutenção e operação, sendo que à tarde estão de prevenção, realizando apenas tarefas em caso de emergência.

Todos os dias quando chegam à ETAR, uma das primeiras tarefas dos operadores é retirar as leituras dos contadores de água de abastecimento, da água residual que afluí à ETAR, da água reutilizada e da energia consumida, no dia anterior.

3.3.1. Obra de Entrada

A manutenção da obra de entrada, um dos estágios mais importantes no tratamento das águas residuais, não pode ser descurada pois pode levar à ocorrência de maus cheiros e entupimentos que podem originar o transbordo do afluente e, nesse caso, inundações.

Deste modo, os operadores verificam o estado das grades, tanto a mecânica como a manual, e caso seja necessário procedem à limpeza e lavagem das mesmas. De modo idêntico, caso se justifique, içam o saco dos gradados colocando-o num contentor, devidamente fechado, e colocam novo saco.

3.3.2. Desarenadores

A remoção das areias que se acumulam nos desarenadores é feita quando os operadores verificam que o nível do canal, que está a ser utilizado, é elevado. Para tal, o canal é isolado pelo sistema de adufas, passando o canal “by-pass” a estar em funcionamento, e vazado através da válvula de descarga da caixa de areias. Após uns dias a secar, os operadores procedem à remoção das areias, no canal e caixa de areias, para o contentor disponibilizado para o efeito, sendo posteriormente encaminhadas para aterro.

3.3.3. Decantadores Primários

Nos decantadores primários é removido todo o material sobrenadante, retido na caleira e descarregador, com um camaroeiro ou ancinho. Após a sua remoção, os operadores procedem à lavagem da caleira, descarregador e caixa de recolha de gorduras com uma mangueira fechando a válvula de admissão de caudal de modo a baixar o nível do líquido, no decantador, e expor as superfícies a lavar. Caso se verifique a existência de flocos biológicos à superfície do decantador, os operadores desfazem-nos com jatos de águas.

Pelo menos uma vez por mês os operadores lavam as caleiras com uma solução composta por 1 L do produto Algialgues, 7 L de água e 2 L de cloro de modo a remover as algas que se fixam ao betão, o que leva a um abaixamento dos sólidos sedimentáveis nos tanques de arejamento.

As fossas anexas aos decantadores primários estão munidas de uma eletroválvula que controla a extração das lamas primárias, que por gravidade escorre para a EE3. Estas estão programadas para estarem abertas durante quatro minutos oito vezes por dia, contudo se avariadas o operador abre-as manualmente duas vezes por dia até a lama purgada apresentar uma consistência idêntica ao afluente nos decantadores primários, o que sugere que já não existe lama no seu fundo. A purga de lamas é assim controlada não existindo medidor de caudal neste local.

As fossas são limpas diariamente, pelos operadores, com a ajuda de um ancinho.

3.3.4. Tratamento Biológico

Todos os dias os operadores determinam o nível de sólidos sedimentáveis, em ambos os tanques de arejamento com as turbinas em funcionamento, através do cone *Imhoff*.

Se os sólidos forem inferiores a 200 mL/L, os operadores aplicam o produto Biolima, enzimas que degradam a gordura, e informam os encarregados. Neste caso a solução adotada é a importação de lamas, bem formadas, de outra estação, através de um carro limpa fossas.

Se os sólidos estiverem entre 200 e 800 mL/L e bem formados, as lamas estão boas.

Se os sólidos forem superiores a 800 mL/L e bem formados, os operadores desviam a recirculação dos decantadores secundários para os decantadores primários, através de um jogo de válvulas à entrada do tanque de arejamento, a partir dos quais se efetua a extração das lamas para a EE3 e posteriormente para os digestores. Este procedimento dura aproximadamente duas horas, visto que, tendo por base a experiência, os operadores sabem que por hora os sólidos descem entre 100 a 150 mL/L. Os parâmetros idade de lamas e cargas mássicas não são determinados não sendo efetuada qualquer determinação da concentração de sólidos nos tanques de arejamento.

O arranque e paragem dos arejadores pode estar encravado com os valores de oxigénio dissolvido medidos pelas sondas de OD. A faixa normal de funcionamento varia entre 1 a 2 mg/L O₂. No entanto, devido a uma avaria nas sondas, os arejadores funcionam em função de temporização. A configuração atual faz com que trabalhem durante 5 minutos e estejam desligados durante 13 minutos, o que ao fim do dia faz com que funcionem 6 a 7 horas, ligando-se 80 vezes em 24 horas. No entanto a forma de explorar a ETAR varia no tempo, sendo as configurações de arejamento constantemente alteradas, não havendo, aparentemente, uma justificação devidamente suportada por um controlo analítico.

Através de uma válvula manual os operadores controlam a purga de lamas, dos decantadores secundários para as suas fossas anexas, que por gravidade escorrem para a EE2 encarregue da recirculação. Como não existe caudalímetro neste local é impossível determinar o caudal que é recirculado, sendo que os operadores controlam a recirculação através de experiência própria.

Abrem as válvulas 6-7 voltas e verificam se no próximo dia os sólidos sedimentáveis nos tanques de arejamento aumentaram ou diminuíram, e se existem ou não flocos à superfície dos decantadores secundários. Caso os sólidos se mantenham estáveis e não ocorra ressuspensão nos secundários, mantém-se as voltas nas válvulas e consequente caudal de recirculação.

Os operadores afirmam que com 6-7 voltas conseguem uma recirculação de 100%. A recirculação ocorre durante 24 h exceto nos dias em que se procede à extração de lamas. No entanto, todos os dias os operadores abrem estas as válvulas ao máximo durante cinco minutos para evitar entupimentos e esvaziam o poço da EE2 para limpeza das boias, aumentando o caudal recirculado.

3.3.5. Desinfecção

Todo o caudal da ETAR é desinfetado com uma solução de cloro gasoso a 5 mg/L, podendo variar entre 2 a 8 mg/L, injetada na conduta a montante do tanque de cloragem. Sempre que o tanque apresenta sólidos à superfície estes são removidos com a ajuda de um camaroeiro. De modo a garantir que o efluente circule nas chicanas os operadores colocaram uma mangueira com um jacto de água, reutilizada, a funcionar durante todo o dia.

Na tabela seguinte resumem-se as atividades que são contempladas na operação da ETAR e as que não o são.

Tabela 3.8 – Resumo das atividades a desenvolver na operação da ETAR de Colares S1

Atividades a desenvolver	Periodicidade			
	Diária	Semanal	Mensal	Quando aplicável
Registo de leituras	✓			
Obra de entrada:				
Limpeza	✓			
Remoção de gradados	✓			
Leitura do pH	X			✓
Recolha de amostras*			✓	
Desarenadores				
Remoção de areias	X			✓
Decantadores primários e fossas anexas:				
Limpeza	✓			
Reatores biológicos:				
Leitura do pH	X			✓
Limpeza das sondas de O.D.	✓			
Teste do cone <i>Imhoff</i>	✓			
Recolha de amostras**		X		
Determinação do IVL		X		
Determinação do F/M		X		
Determinação do Qp		X		
Ajuste do Qp		X		✓
Determinação do Qr		X		
Ajuste do Qr	X			✓
Decantadores secundários:				
Utilizar o <i>Sludge-judge</i>	X			
Remoção de escumas à superfície	✓			
Limpeza das fossas anexas	✓			
Digestores:				
Remoção de escumas à superfície	✓			
Adição de cal				✓
Desidratação mecânica de lamas:				
Preparação do PE				✓
Adição de cal				✓
Desidratação mecânica de lamas				✓
Tanque de cloragem:				
Determinação do cloro residual	✓			
Alteração do doseamento de cloro				✓
Recolha de amostras*			✓	
Estações elevatórias:				
Limpeza das boias	✓			

* - Determinação dos parâmetros CBO₅, CQO, SST, N_{total} e P_{total}, Coliformes fecais e pH

** - Determinação dos parâmetros CBO₅ afluente, MS, MS_{DS} e MVS

4. METODOLOGIA

Por forma a procurar obter informação relativa a parâmetros que, sendo relevantes para o controlo de uma ETAR por lamas ativadas, não são, na ETAR objeto do caso de estudo, determinados, foi estabelecida uma metodologia, que incluiu:

- Levantamento da informação e tratamento de dados para um período de 4 anos (a informação foi disponibilizada pelos SMAS de Sintra). A informação incluiu dados a caudais de entrada e saída, a concentrações de CBO₅, CQO e SST à entrada e à saída, à energia gasta na operação e da pluviosidade, medida pela estação meteorológica situada na ETAR de Magoito;
- Realização de quatro campanhas de amostragem durante duas semanas, às terças e quintas, em que se recolheram oito amostras (tabela 4.1), pontuais, todas às 11 h. Nos dias de recolha efetuou-se a medição do caudal diário afluente. As amostras recolhidas, podendo não ser consideradas representativas, permitem, ainda assim, procurar estimar as condições de afluência, bem com as condições presentes nos reatores biológicos e decantadores secundários. Os dias da realização das campanhas foram 25 e 27 de junho e 2 e 4 de julho de 2014, sendo importante salientar que nesses dias não houve ocorrência de precipitação;
- A estimativa dos parâmetros carga hidráulica nos decantadores primários e carga hidráulica e carga de sólidos nos decantadores secundários;
- A estimativa dos parâmetros, carga mássica, IVL, e carga volúmica.

Tabela 4.1 – Locais e parâmetros analisados com base nas respetivas amostragens realizadas

Nº do frasco	Local da recolha	Parâmetros analisados
1	Obra de Entrada	CBO ₅ , CQO e SST
2	Entrada dos RB	CBO ₅ e CQO
3	Reator Biológico 1	MS e MVS *
4	Reator Biológico 2	MS e MVS *
5	Poço de lamas do DS 1	MS
6	Poço de lamas do DS 2	MS
7	Efluente do DS 1	CBO ₅ , CQO e SST
8	Efluente do DS 2	CBO ₅ , CQO e SST

* Realização do teste do cone *Imhoff*

Em anexo encontra-se informação relativa às restantes ETAR, pertencentes aos SMAS de Sintra, que foi recolhida através de visitas ao local e tratamento de dados incluídos nos relatórios de exploração de cada ETAR.

A amostragem para a determinação dos parâmetros da CBO₅, da CQO e dos sólidos foram realizadas nos locais referidos na tabela 4.1, recolhidas em frascos de 1 L (figura 4.1) e transportadas numa arca refrigerada até ao laboratório da Universidade Nova de Lisboa – Faculdade de Ciências e Tecnologias onde se efetuaram as determinações analíticas.



Figura 4.1 – Frascos de amostragens

4.1. Determinação analítica dos parâmetros CBO₅ e CQO

A determinação do parâmetro CBO₅ foi realizada através do método analítico por diluição e inoculação apresentado na Norma Internacional ISO nº 5815 tendo como limites de quantificação os valores de 3 e 6 000 mg O₂/L. A determinação da CQO foi realizada através do método analítico titulométrico de refluxo fechado que tem como limite de quantificação 30 mg/L O₂.

4.2. Determinação analítica dos parâmetros MS e MVS

A determinação dos parâmetros relativos aos sólidos em suspensão totais e voláteis, foi realizada de acordo com o método descrito em *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 20th. Ed.

4.3. Determinação analítica dos parâmetros CBO₅, CQO e SST realizada pelos SMAS de Sintra

As análises aos parâmetros da CBO₅, CQO e SST são realizadas mensalmente, pelo laboratório interno acreditado dos SMAS de Sintra, à entrada para efeitos de cálculo de eficiências de remoção e à saída da estação devido à obrigação do cumprimento de uma licença de descarga emitida pela entidade reguladora, APA.

A colheita do efluente é realizada à saída do tanque de cloragem por um amostrador automático (ISCO), que recolhe de 15 em 15 minutos, 250 mL de efluente para um frasco, até perfazer 1 L (imagem 1 da figura 4.2). Faz 96 recolhas, num dia, originando 24 amostras de 1 L. No final do dia os operadores misturam o conteúdo dos 24 frascos numa tina de 24 L, enviando para análise. Estas amostragens compostas são temporais, não sendo proporcionais ao caudal afluente, pelo que não são representativas do caudal descarregado em 24 h.

As colheitas do afluente são realizadas na obra de entrada, onde os operadores recolhem manualmente, para os frascos previamente selecionados, uma amostra às 8 h, 9 h, 10 h e 11 h perfazendo assim 4 amostragens pontuais (imagem 2 da figura 4.2).

O parâmetro CBO₅ é determinado através do método analítico respirométrico (OXITOP)/SMEWW 5210 B que tem como limite de quantificação 5 mg/L O₂, o parâmetro CQO é determinado através do

método analítico volumétrico com digestão – NP4329 e tem como limite de quantificação 30 mg/L O₂. O parâmetro SST é determinado através do método analítico gravimétrico/SMEWW 2540 B que tem como limite de quantificação 2 mg/L. No caso das análises originarem resultados superiores aos VLE, não esperados, repetem-se as amostragens para novas determinações.



Figura 4.2 – Equipamentos de recolha utilizados pelos SMAS de Sintra. 1 – ISCO GLS; 2 – Frascos para recolha manual

Para autocontrolo, os SMAS de Sintra, determinam, em laboratório externo, a concentração de azoto total através do método MI fq 32 e, em laboratório interno, o fósforo total através do método analítico E.A.M – F.S:MI fq 31 (SKALAR METHODS).

4.4. Determinação dos parâmetro V_{30} realizada pelos SMAS de Sintra

A determinação do parâmetro do volume de lamas sedimentáveis ao fim de 30 minutos é efetuado diariamente pelos operadores.

Para a determinação do parâmetro V_{30} o operador retira uma amostra da mistura líquida do meio do reator biológico, com o arejamento em funcionamento, e coloca 1 L no cone *Imhoff* para sedimentar durante 30 minutos num local abrigado da luz solar. No fim dos 30 minutos, os operadores fazem a leitura registando o volume de lamas sedimentadas, como apresentado na figura 4.3.



Figura 4.3 – Método de determinação do parâmetro V_{30} . 1 – Recolha da amostra; 2 – Colocação da amostra nos cones *imhoff*; 3 – Sedimentação dos sólidos em suspensão

5. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo apresentam-se os dados, obtidos através dos relatórios de exploração, fornecidos pelos SMAS de Sintra, do período de janeiro de 2010 a fevereiro de 2014, fazendo uma comparação com os resultados determinados através da campanha de amostragem e os valores presentes na literatura.

As figuras apresentadas neste capítulo têm por base os valores facultados pelos SMAS de Sintra enquanto que as tabelas são referentes à campanha de amostragem.

5.1. Condições de Afluência Hidráulica

Na figura 5.1 apresenta-se a variação diária do caudal afluente e da precipitação média, medida na estação meteorológica de Magoito, ao longo do tempo.

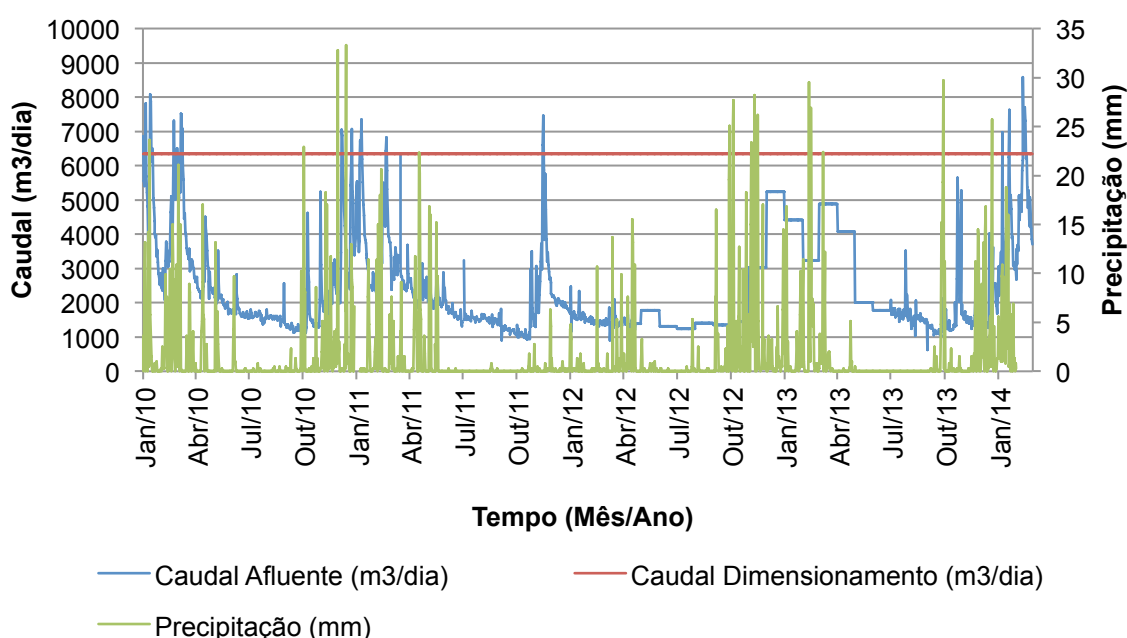


Figura 5.1 – Precipitação média diária (mm) e caudal afluente (m³/dia) à ETAR de Colares S1

Da análise da figura 5.1 verifica-se a existência de uma relação entre o caudal afluente e a precipitação, o que poderá ser justificado por infiltrações, ligações indevidas de águas pluviais domésticas ou devido a roturas nas condutas a montante da ETAR (a rede de drenagem é, na generalidade, separativa).

É também possível verificar que o caudal afluente é inferior ao caudal de dimensionamento, com a exceção dos períodos de inverno, revelando que a ETAR ainda não alcançou a sua capacidade máxima em termos hidráulicos. Os caudais medidos, na campanha de amostragem, corroboram esta informação situando-se na faixa de valores de dimensionamento para o ano zero em época baixa.

Todo o caudal afluente à ETAR de Colares S1 é contabilizado após elevação devido ao medidor de caudal se encontrar a jusante da EE1. Deste modo não é possível verificar com exatidão a afluência horária à ETAR mas, contudo, através da figura 5.2 é possível ter uma noção dos valores (cf. Tabela A3.1).

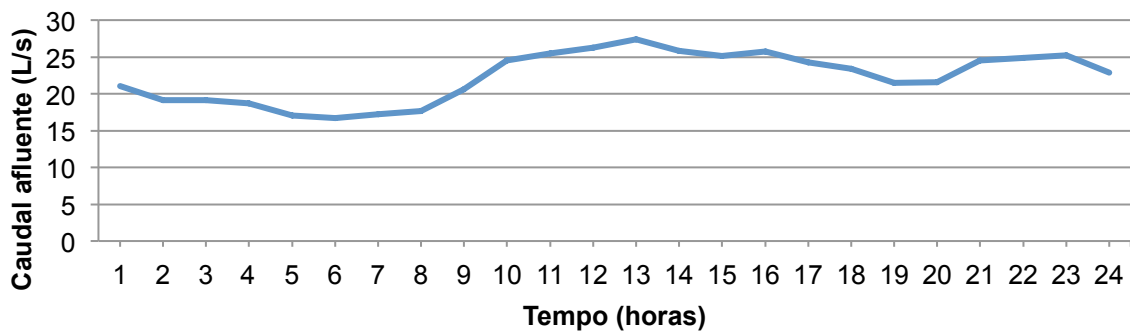


Figura 5.2 – Caudal afluente horário, na ETAR de Colares S1, no mês de junho de 2014

Através da figura 5.2 é possível observar que o caudal afluente, no mês de junho de 2014 tem um valor máximo de 28 L/s ocorrendo às 13 h e às 20 h, horários que normalmente estão relacionados com as grandes refeições do dia, e um valor mínimo de 16 L/s às 6 h da manhã. A evolução do gráfico é atípica face à literatura, admitindo-se um contributo de águas pluviais e águas de infiltração.

É também possível observar que o caudal de ponta é muito inferior aos valores de dimensionamento, apresentados na tabela 4.1.

5.2. Condições de Afluência Orgânica

Nas figuras 5.3 e 5.4 apresentam-se, respetivamente, a variação da carga orgânica afluente e dos SST e a razão CBO₅/CQO afluentes à ETAR de Colares S1 (cf. tabela A3.2).

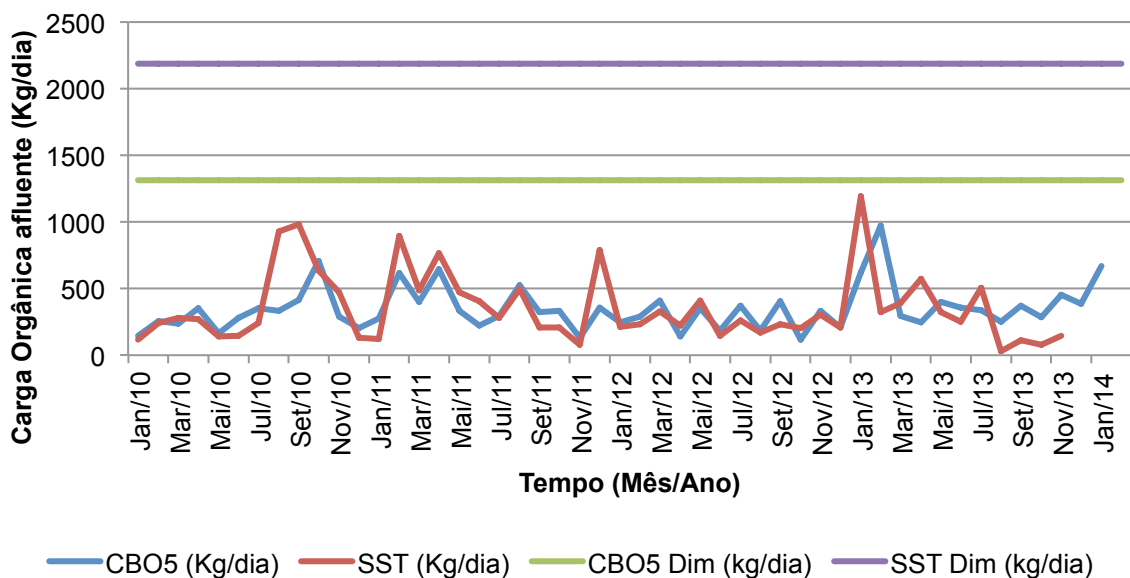


Figura 5.3 - Evolução da carga orgânica (kg/dia CBO₅) e carga de sólidos (kg/dia SST) afluentes à ETAR de Colares S1

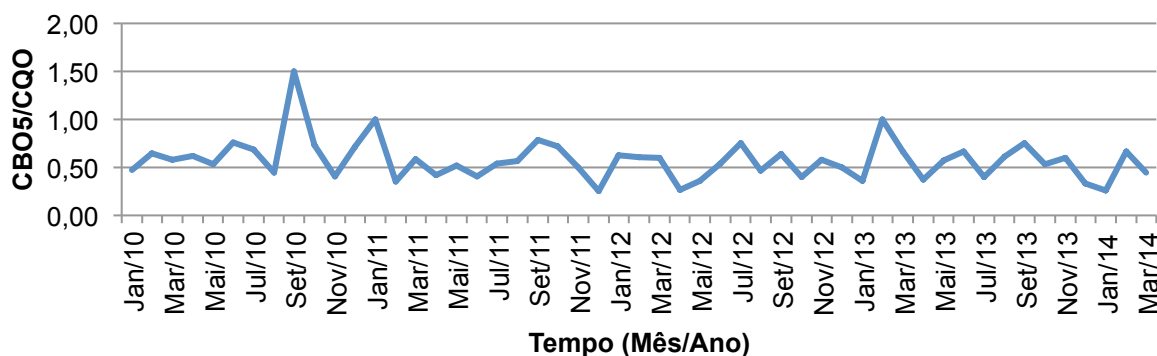


Figura 5.4 – Razão CBO₅/CQO afluente à ETAR de Colares S1

Na tabela 5.1 apresenta-se os valores obtidos em laboratório para os parâmetros de controlo da CBO₅, CQO e SST na água residual afluente.

Tabela 5.1 – Dados das análises laboratoriais relativos aos parâmetros CBO₅, CQO e SST no caudal afluente

Data da recolha	Concentrações orgânicas (mg/L)			Cargas orgânicas (kg/dia)			Razão CBO ₅ /CQO
	CBO ₅	CQO	SST	CBO ₅	CQO	SST	
25/Junho	135	310	134	243	558	241	0,4
27/Junho	125	290	110	216	502	190	0,4
2/Julho	290	565	345	603	1175	718	0,5
4/Julho	90	245	110	157	429	192	0,4

Relativamente à carga orgânica afluente à ETAR é possível observar através da figura 5.3, e corroborado pela tabela 5.1, que os valores de CBO₅ e SST não ultrapassam os valores de dimensionamento, apresentados na tabela 3.1, o que permite afirmar que a ETAR ainda não alcançou a sua capacidade de tratamento máxima.

Os valores médios da carga orgânica de CBO₅ são de 350 kg/dia tendo um máximo de 970 kg/dia em fevereiro de 2013, valores que são idênticos aos valores de SST. Através do valor médio da carga orgânica de CBO₅, e assumindo uma capitação de CBO₅ de 60 g/hab.dia conclui-se que a ETAR trata a água residual de uma população de cerca de 6 000 hab.eq. situando-se na faixa dos valores de dimensionamento para o ano zero em época baixa.

As concentrações afluentes são, em média, de 170 mg/L para a CBO₅, 320 mg/L para a CQO e 190 mg/L para os SST. Estes valores são, de acordo com *Metcalf & Eddy*, 1991, típicos de um afluente urbano médio/fraco muito diluído não obrigando, por isso, a um esforço significativo de tratamento, por forma a cumprirem-se os objetivos de qualidade.

Através da análise da figura 5.4 é possível verificar que em setembro de 2010 a razão é superior a 1 o que poderá ser justificado por um erro de amostragem, visto que a CBO₅, no limite, pode apenas ter valores iguais à CQO. De acordo com os valores observados na figura 5.4 e tabela 5.1 admite-se que a razão CBO₅/CQO tem uma média de 0,5 o que sugere que a água residual afluente à ETAR é tipicamente doméstica, orgânica, sendo facilmente tratada através de processos biológicos.

5.3. Condições de funcionamento dos órgãos de tratamento

Na tabela 5.2 apresentam-se os resultados relativos aos sólidos sedimentáveis e os valores da matéria seca e matéria seca volátil, medidos nos reatores biológicos e nos poços de lamas dos decantadores secundários de ambas as linhas de tratamento.

Tabela 5.2 – Dados das análises laboratoriais relativos aos parâmetros MS, MVS e dados medidos na ETAR de Colares S1 relativos aos sólidos sedimentáveis

Local da recolha	25/Junho			27/Junho		
	MS (mg/L)	MVS (mg/L)	Sólidos sedimentáveis (ml/L)	MS (mg/L)	MVS (mg/L)	Sólidos sedimentáveis (ml/L)
Reator Biológico 1	4 620	3 820	900	4 240	3 510	900
Reator Biológico 2	5 360	4 310	900	4 620	3 780	900
Poço de lamas 1	12 380	-	-	10 280	-	-
Poço de lamas 2	9 100	-	-	9 330	-	-

(Continuação)

Local da recolha	2/Julho			4/Julho		
	MS (mg/L)	MVS (mg/L)	Sólidos sedimentáveis (ml/L)	MS (mg/L)	MVS (mg/L)	Sólidos sedimentáveis (ml/L)
Reator Biológico 1	4 240	3 410	900	3 160	2 630	800
Reator Biológico 2	4 480	3 640	900	3 570	2 910	850
Poço de lamas 1	8 760	-	-	9 290	-	-
Poço de lamas 2	8 560	-	-	5 880	-	-

Através da análise da tabela 5.2 é possível verificar que os valores dos sólidos totais e voláteis, nos reatores biológicos, estão muito elevados sendo aproximadamente duas vezes superiores aos valores de dimensionamento. O reator biológico 1 apresenta valores médios de sólidos totais na ordem dos 4 000 mg/L e 3 300 mg/L para os sólidos voláteis enquanto que o reator 2 apresenta valores médios de 4 500 mg/L para os sólidos totais e 3 500 mg/L para os voláteis. Estes valores podem ser justificados por uma purga de lamas em excesso insuficiente. No entanto, caso se pretenda operar em baixa carga, os valores encontram-se dentro dos parâmetros (cf. Tabela 2.11).

Os valores dos sólidos sedimentáveis, apresentados na tabela A3.3 em anexo e corroborados pelos valores medidos durante a campanha de amostragem, sugerem que o nível do manto de lamas nos decantadores secundários é elevado e que as lamas estão mal formadas. Tais resultados podem significar uma recirculação insuficiente, admitindo que para reduzir a altura do manto se deve aumentar o caudal de recirculação. De modo a monitorizar a variação do nível devem efetuar-se medições diárias através de equipamentos do tipo *Sludge-judge* e do teste do cone *Imhoff*.

A circunstância dos sólidos sedimentáveis serem inferiores a 200 mL/L não indicia a necessidade de se importarem lamas de outros sistemas nem tão pouco a necessidade de se utilizar o produto Biolima. A importação de lamas de outros sistemas apenas será justificável no caso de a concentração de sólidos totais e voláteis ser muito reduzida. Por outro lado, a utilização do produto Biolima será justificável, no caso de se verificar a presença de gorduras à superfície dos decantadores primários ou nos reatores biológicos.

Através dos valores do teste do cone *Imhoff* e dos sólidos no interior dos reatores biológicos é possível determinar o parâmetro de controlo IVL, presente na tabela 5.3, que indica o estado de sedimentação das lamas.

Na tabela 5.3 apresentam-se os resultados dos parâmetros de controlo de operação, de cada reator biológico, determinados através da análise dos dados obtidos em laboratório.

Tabela 5.3 – Dados das análises laboratoriais relativos aos parâmetros de controlo de cada reator biológico

Parâmetros		Data da recolha			
		25/Junho	27/Junho	2/Julho	4/Julho
Carga mássica (kg CBO ₅ /kg MVS.dia)	Linha 1	0,06	0,06	0,16	0,05
	Linha 2	0,05	0,05	0,15	0,05
Índice volumétrico de lamas (mL/g)	Linha 1	235	255	265	305
	Linha 2	210	240	250	290
β	Linha 1	0,8	0,8	0,8	0,8
	Linha 2	0,8	0,8	0,8	0,8
Tempo retenção hidráulico (h)		14,1	14,7	12,2	14,5
Carga volúmica (kg CBO ₅ /m ³ .dia)		0,2	0,2	0,6	0,1

Através dos dados da tabela 5.3 é possível verificar que os valores da carga mássica em ambas as linhas de tratamento são claramente inferiores aos valores normalmente associados a um processo de lamas ativadas em arejamento convencional. Estes valores podem ser justificados pelo facto da quantidade de microrganismos presente nos reatores biológicos ser muito superior à carga orgânica de CBO₅ afluente, potenciando a deterioração dos flocos biológicos, devido a respiração endógena, podendo originar má sedimentação das lamas e posterior suspensão dos sólidos.

No terceiro dia de amostragens a carga orgânica afluente foi superior, explicando a diferença de F/M para os outros dias, encontrando-se no limite superior da gama de funcionamento de um regime de baixa carga. Nas restantes amostragens os valores da carga mássica foram de 0,05 kg CBO₅/kg MVS.dia encontrando-se no limite inferior de operação de um regime de baixa carga (cf. Figura 2.9), o que poderá justificar os problemas de sedimentação. De modo a corrigir esta situação, e face aos valores de carga orgânica afluentes, admite-se que se deva aumentar a purga das lamas em excesso reduzindo a idade de lamas e aumentando os valores da carga mássica.

A ETAR está dimensionada para funcionar num regime de média carga, contudo está neste momento a funcionar em baixa carga. Deste modo reduz-se a produção de lamas para desidratação, no entanto aumenta-se a necessidade de arejamento aumentando os custos de operação sendo necessário escolher um regime de operação, ajustando a idade de lamas através da purga.

Ao analisar a tabela 5.3, observa-se que os valores do teste do índice volumétrico de lamas são muito superiores aos valores ótimos, revelando que as lamas apresentam uma má sedimentação. Os problemas de sedimentação podem ser consequência de uma possível desnitrificação nos decantadores secundários, que ocorre devido a um elevado tempo de retenção. As concentrações de O.D. no manto de lamas decrescem, promovendo condições anóxicas, ocorrendo a libertação de bolhas de azoto que se fixam às lamas não as deixando sedimentar corretamente. Isto leva ao aumento do nível do manto de lamas e ao surgimento de escumas à superfície dos decantadores. Este problema pode ser evitado aumentando a recirculação de lamas.

Um β de 0,8 significa que 80% dos sólidos presentes nos reatores biológicos são voláteis, logo admite-se que o conteúdo dos reatores biológicos é fortemente constituído por flocos biológicos.

Verifica-se que o tempo de retenção hidráulico é elevado e a carga volúmica baixa, de acordo com os valores de dimensionamento presentes na tabela 3.3. Estes resultados devem-se ao caudal afluente e à carga orgânica de CBO₅, respetivamente, serem muito inferiores ao esperado face ao volume dos reatores biológicos.

Na tabela 5.4 apresentam-se os parâmetros de operação dos decantadores primários e secundários, determinados através da análise dos dados obtidos em laboratório.

Tabela 5.4 – Dados das análises laboratoriais relativos aos parâmetros de controlo dos decantadores

Data da recolha	Decantador	Parâmetros			
		Carga hidráulica (m ³ /m ² .h)	Tempo retenção hidráulico (h)	Carga sólidos (kg MS/m ² .h)	
				Linha 1	Linha 2
25/Junho	Primário	0,4	5,5	-	-
	Secundário	0,2	12,7	2,8	2,1
27/Junho	Primário	0,3	5,8	-	-
	Secundário	0,2	13,2	2,2	2,0
2/Julho	Primário	0,4	4,8	-	-
	Secundário	0,3	11,0	2,3	2,2
4/Julho	Primário	0,4	5,7	-	-
	Secundário	0,2	13,0	2,0	1,3

Através da análise da tabela 5.4 é possível verificar que tanto nos decantadores primários como nos secundários a água residual apresenta velocidades muito baixas e tempos de retenção muito elevados, de acordo com os valores de dimensionamento presentes na tabela 3.2 e 3.4 respetivamente. Isto deve-se ao caudal afluente ser muito inferior ao esperado.

Apesar da concentração de sólidos no fundo dos decantadores secundários ser elevada a carga de sólidos é baixa, apresentando-se na faixa de valores de dimensionamento para o ano zero em época baixa.

Com base nos valores da concentração de sólidos voláteis nos reatores biológicos, e no volume útil dos reatores de 529 m³, estimou-se o caudal de lamas diário que se deveria extrair de modo a manter a idade das lamas em 30 dias (tabela 5.5). Na tabela é também apresentado o caudal de recirculação que deveria ser efetuado em cada linha de tratamento, face aos valores do IVL e de MVS determinados.

Tabela 5.5 – Valores do caudal de extração e recirculação (m³/dia) em cada linha de tratamento

Data da recolha	Caudal de purga (m ³ /dia)		Caudal de recirculação (m ³ /dia)	
	Linha 1	Linha 2	Linha 1	Linha 2
25/Junho	7	10	8105	8105
27/Junho	7	9	7790	7790
2/Julho	9	9	9360	9360
4/Julho	6	11	3498	4956

Visto a ETAR estar a funcionar em regime de baixa carga, devido às atuais condições de afluência, admite-se que para manter uma idade de lamas ideal de 30 dias, em cada reator biológico se deva extrair em média 7 m³/dia da linha 1 e 10 m³/dia da linha 2, faseados ao longo do dia. Se a carga orgânica afluente aumentar, e caso se pretenda operar em regime de média carga, o caudal de purga deve ser superior de modo a manter uma idade de lamas inferior. A idade de lamas pode ser alterada para valores pretendidos através do ajuste do caudal de purga, sendo que para aumentar a idade de lamas deve reduzir-se a purga e para reduzir a idade de lamas deve aumentar-se a purga. É através deste ajuste que se controla a concentração de microrganismos presentes nos reatores biológicos e o tempo que permanecem nos mesmos.

Através da tabela 5.5 é possível observar que, em média, deveria recircular-se 7 200 m³/dia na linha 1 e 7 500 m³/dia na linha 2, face aos valores do IVL e MVS determinados nos reatores biológicos, de modo a reduzir o nível do manto de lamas nos decantadores secundários e consequentemente os valores dos sólidos sedimentáveis e do IVL. De um modo geral admite-se que, face aos valores do caudal afluente e concentrações médias de sólidos nos reatores biológicos, ao se operar com um valor de IVL de 100 mL/g, reduzindo os problemas de sedimentação, será expectável a recirculação de um caudal na ordem dos 500 m³/dia, cerca de 50% do Qmd. Desta forma é possível verificar que à medida que o IVL diminui o caudal de recirculação também diminui.

Visto o controlo do caudal de purga e recirculação apresentar uma significância elevada na operação de tratamentos por lamas ativadas, deve instalar-se um medidor de caudal à saída da EE2 de modo a contabilizar o caudal de purga e o caudal de recirculação.

5.4. Qualidade do efluente tratado

O controlo do efluente é muito importante por forma a avaliar se a ETAR cumpre os objetivos de qualidade estipulados na sua licença de descarga. A figura 5.5 apresenta a variação da concentração dos parâmetros CBO₅ e CQO (cf. Tabela A3.4) e os seus VLE.

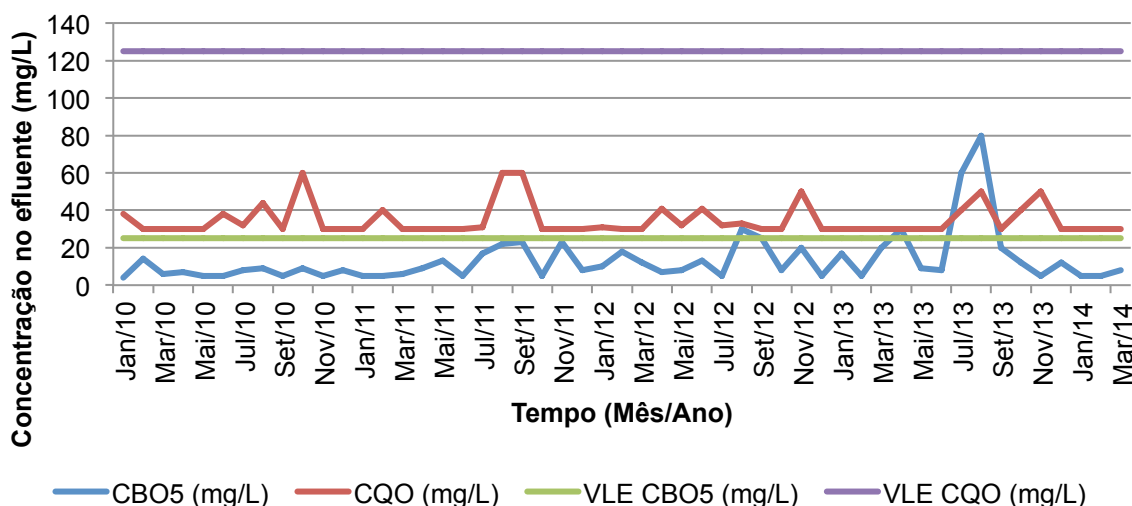


Figura 5.5 – Evolução da concentração dos parâmetros CBO₅ (mg/L O₂) e CQO (mg/L O₂) efluentes na ETAR de Colares S1

Na tabela 5.6 apresenta-se os valores obtidos em laboratório para os parâmetros de controlo da CBO₅, CQO e SST na água residual tratada.

Tabela 5.6 – Dados das análises laboratoriais relativos aos parâmetros CBO₅, CQO e SST no caudal tratado

Data da recolha	Concentrações orgânicas (mg/L)			Eficiência de remoção da CBO ₅ (%)	Eficiência de remoção da CQO (%)	Eficiência de remoção dos SST (%)
	CBO ₅	CQO	SST			
25/Junho	10	50	*	93	84	-
27/Junho	19	25	5	85	91	95
02/Julho	19	15	15	93	97	96
04/Julho	10	50	25	89	80	77

* - Não se efetuou a análise

Através da análise da figura 5.5 e da tabela 5.6 é possível verificar que os valores da concentração da CQO no efluente, ao longo do período amostrado, nunca ultrapassam os VLE da licença de descarga, apresentada na tabela 3.5. Os valores máximos são de 60 mg/L, aproximadamente metade do permitido.

Em relação à concentração da CBO₅ no efluente é possível observar que em agosto de 2012 e 2013 e em abril de 2013 os valores superam os VLE. No entanto, e visto que para estes parâmetros o número de amostragens não conformes é de duas por ano civil, como apresentado na tabela 3.6, não existe nenhum incumprimento da licença. Contudo fica a noção de que o tratamento, apesar da ETAR

ainda não estar na máxima capacidade, pode ser melhorado de maneira a que não ocorram descargas não conformes.

Em agosto de 2013 o valor da CBO_5 apresentado é superior ao da CQO, podendo ser explicado devido à utilização de frascos de recolha de amostra com tiosulfato de sódio. Este método é utilizado de modo a neutralizar o cloro da amostra, no entanto faz subir os valores da CBO_5 para valores irreais. Posteriormente foi realizada uma nova amostragem com frascos sem tiosulfato de sódio onde o valor da concentração de CBO_5 foi inferior ao VLE.

Através da análise da tabela 5.6 é possível observar que as eficiências de remoção da CBO_5 , CQO e SST rondam os valores de 90%. Admite-se que nos períodos de inverno, em que o caudal afluente é superior, as eficiências de remoção sejam também superiores devido ao efeito de diluição que vai diminuir a concentração orgânica afluente.

5.5. Consumo de energia

A parcela mais significativa dos custos associados à exploração de uma ETAR é, normalmente, a referente à energia gasta no arejamento do conteúdo dos reatores biológicos. Uma estação de tratamento não funciona sem energia, contudo o gasto energético pode ser ajustado de acordo com as necessidades requeridas. As figuras 5.6 e 5.7 apresentam, respetivamente, a variação da energia gasta por m^3 de água residual tratada e por kg de CBO_5 removida (cf. Tabela A3.5).

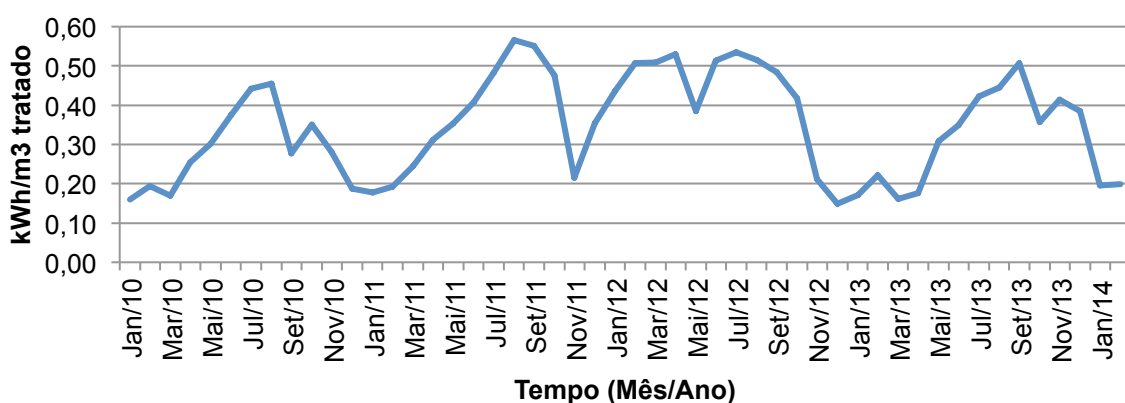


Figura 5.6 – Energia gasta (kWh) por m^3 tratado na ETAR de Colares S1

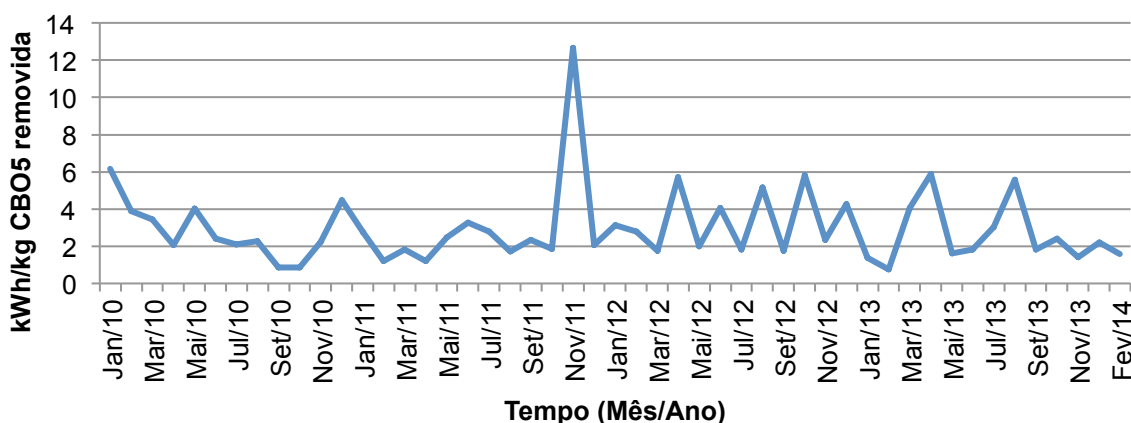


Figura 5.7 – Energia gasta (kWh) por kg de CBO_5 removida na ETAR de Colares S1

Através da análise da figura 5.6 é possível verificar que existe um custo inferior, para tratar 1 m³ de água residual, nos períodos de inverno e um custo mais elevado nos períodos secos. Este aumento deve-se à diminuição de caudal afluente, que sem o devido ajuste nos gastos energéticos vai levar a que se gaste o mesmo para tratar menos caudal, aumentando o custo por m³ de água residual tratada.

O consumo de energia médio é de 0,35 kWh/m³, ou seja, com um custo de energia médio de 0,12 €, gasta-se 0,042 € por cada m³ de água residual tratada. Estes valores encontram-se dentro dos valores normais de exploração de ETAR a funcionar em regime de arejamento prolongado, contudo podem ser reduzidos através da optimização do tempo de funcionamento dos arejadores de superfície nos períodos de menos caudal.

Em relação à figura 5.7 é possível observar, em novembro de 2011, a existência de um pico de 13 kWh por kg de CBO₅ removida, cerca de 4 vezes superior à média. Este pico deve-se a uma diminuição da carga orgânica afluente, que sem o devido ajuste nas condições de arejamento leva a que se gaste a mesma energia para remover menos CBO₅, aumentando o custo por kg de CBO₅ removida.

O valor típico numa ETAR a funcionar em regime de arejamento prolongado é da ordem de 1 kWh/kg CBO₅ removida, o que significa que a ETAR de Colares S1 está, em média, a gastar 3 vezes mais energia que o normal, pagando 0,36 € por cada kg de CBO₅ removida. Estes valores podem ser reduzidos com a optimização do tempo de funcionamento dos arejadores de superfície nos períodos de menos carga orgânica afluente.

Admite-se que para as atuais cargas orgânicas afluentes a potência do equipamento de arejamento instalado, para o ano horizonte, é superior ao necessário elevando os custos do tratamento. Uma possível solução seria a instalação de um novo equipamento de arejamento, de turbinas lentas com potência de 11 kW. Esta solução necessita da aquisição de novo equipamento contudo garante reduções de consumo de energia, para arejamento, na ordem dos 50%, sem comprometer o tratamento.

Outra solução é a instalação de variadores de velocidades, em ambas as linhas, a funcionar de acordo com os valores de oxigénio dissolvido medidos pelas sondas instaladas nos reatores biológicos. Esta tecnologia garante reduções no consumo energético dos arejadores de superfície e consequentemente nos custos associados.

Nos últimos quatro anos a ETAR de Colares S1 utilizou cerca de 1 060 000 kWh totalizando um custo de cerca de 127 000 €, sendo que no passado ano de 2013 esses valores foram de 250 000 kWh e 30 000 €.

6. CONCLUSÃO

As principais conclusões do trabalho efetuado, incluem:

- A ETAR Colares S1 está sobredimensionada (foi projetada para tratar 30 000 hab.eq. e trata, atualmente, cerca de 6 000 habitantes, não sendo expectável que este valor venha a aumentar);
- Apesar de um contributo significativo de águas pluviais e da infiltração, a sua capacidade hidráulica e de tratamento está longe de ser atingida;
- De acordo com os resultados obtidos na campanha efetuada, a concentração de sólidos nos reatores biológicos é superior aos valores recomendados, para um regime de média carga, pelo que a extração de lamas é insuficiente;
- A idade das lamas é elevada para um regime de média carga;
- Os valores da carga mássica situam-se no limite inferior de um regime de baixa carga, valores que correspondem a um IVL elevado e consequente má sedimentação das lamas;
- O sistema de arejamento instalado está sobredimensionado, aumentando os custos de exploração;
- A análise dos valores do teste do cone *Imhoff* permite concluir que as lamas estão mal formadas apresentando problemas de sedentabilidade;
- Os valores do parâmetro IVL são elevados, corroborando o facto de as lamas terem má sedimentação, possivelmente devido a um problema de desnitrificação nos decantadores secundários;
- O nível do manto de lamas nos decantadores secundários está muito elevado podendo originar o arrastamento de sólidos no efluente;
- A recirculação de lamas secundárias é insuficiente;
- A ETAR de Colares S1 está, neste momento, a operar num regime de baixa carga;
- As rotinas de operação da ETAR de Colares S1 podem ser revistas e melhoradas, por forma a serem suportadas pelo cálculo dos parâmetros normalmente utilizados neste tipo de processo;
- A operação da ETAR pode ser melhorada e otimizada com o objetivo de reduzir custos de exploração;
- Apesar da exploração da ETAR não ser suportada pelo cálculo de qualquer parâmetro normalmente utilizado para controlar este tipo de processo, a descarga do efluente cumpre os requisitos da licença de descarga.

7. BIBLIOGRAFIA

- Acqua Engenharia, “Manual de Operação – Lodos Ativados”;
- AdO (2012), “Plano de Tarefas de Operação – Sistema: S. Martinho do Porto”;
- Albuquerque A., Monte H.M. (2010), “Reutilização de Águas Residuais”, Série Guias Técnicos 14, ISEL;
- Alves, C. (2010), “Tratamento de águas de abastecimento”, (3.^a ed.) *Publindústria*, Porto;
- Amaral, L e Maurício, R. (2012), Folhas de apoio às aulas de Drenagem e Tratamento de Águas Residuais, FCT/UNL;
- APA (2008) “Guia para a Avaliação de Impacte Ambiental de Estações de Tratamento de Águas Residuais”;
- APA (2014), Licença de utilização dos recursos hídricos – Rejeição de águas residuais, ETAR de Colares S1;
- APHA - AWWA – WPCF (1998), “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”, (20^a ed.);
- Barnard, J.L. (2006), “Biological nutrient removal: where we have been, where we are going?”, WEFTEC 06;
- Bitton G. (2005), “Wastewater Microbiology”, (3^a ed.) *Wiley-Liss*, USA;
- Carlsson B. (1998), “An Introduction to sedimentation theory in wastewater treatment”, Uppsala University;
- Catunda, P., & Haandel, A. (1992), “Activated sludge settling Part I: Experimental determination of activated sludge settleability”, *Water SA* vol. 18(3) pp. 165–172;
- Christian, R.A., Karia, G.L. (2006), “Wastewater Treatment: Concepts and Design Approach”, *Prentice-Hall*;
- Dapena, J., Ronzano, E. (2002), “Tratamiento Biológico de las aguas residuales”, *Pridesa*;
- Decreto-Lei n.º 236/98 de 1 de Agosto, acedido a 21 de julho de 2014, em: <https://dre.pt/application/dir/pdf1s/1998/08/176A00/36763722.pdf>;
- Decreto-Lei n.º 152/97 de 19 de Junho, acedido a 21 de julho de 2014, em: <https://dre.pt/application/dir/pdf1s/1997/06/139A00/29592967.pdf>;
- Degrémont (2007), “Water Treatment Handbook”, (7^a ed.) *TEC ET DOC*, França;
- Dick, R., & Vesilind, P. (1969), “The sludge volume index – What is it?”. *Water Pollution Control Federation*, vol. 41, N.º 7, pp. 1285 – 1291;
- Eckenfelder, M., Ford, D., Lankford, P., Shell, G., & Sullivan, D. (1986), “Operation, Control & Management of Activated Sludge Plants Treating Industrial Wastewaters”, Vanderbilt University School of Engineering, Nashville, Tennessee;
- EPA (1997), “Wastewater Treatment Manuals – Primary, Secondary and tertiary treatment”, Ireland;
- EPA (2001), “Memorandum: Development and Adoption of Nutrient Criteria into Water Quality Standards”;
- Giokas, D., Daigger, G., Sperling, M., Kim, Y., & Paraskevas, P. (2003), “Comparison and evaluation of empirical zone settling velocity parameters based on sludge volume index using a unified settling characteristics database”, *Water Research* vol. 37 pp. 3821– 3836;
- Grady, C.P.Jr., Daigger, G., & Lim, H. (1999) “Biological Wastewater Treatment”, (2^a ed.) *Taylor & Francis*, Florida;
- Gray, N. (2004), “Biology of Wastewater Treatment”, (2^a ed.) *Imperial College Press*, London;
- Henze, M., Harremoës, P., Jansen, J., & Arvin, J. (1997), “Wastewater treatment – Biological and Chemical Processes”, (2^a ed.) *Springer – Verlag*, Berlin;
- Jeyanayagam, S. (2005), “True confessions of the biological nutrient removal process”, *Florida Water Resources Journal*, janeiro de 2005;
- Jordão, E. & Pessoa, C. (1975), “Tratamento de Esgotos Domésticos, Volume I – Conceções Clássicas de Tratamento de Esgotos”, *CETESB*, São Paulo;
- Kolmetz, K., Dunn, S., Som, A., Cheah, P.S., Mustaffa, Z. (2003), “Benchmarking waste water treatment systems”. “*International Conference on Chemical and Bioprocess Engineering*”, School of Engineering and Information, Technology University Malaysia Sabah, 27-29 de agosto de 2003;
- Leal C.S. (2012), “Microbiologia Ambiental – Tratamentos Biológicos de Águas Residuais”;
- Lettinga G. (1994), “Anaerobic digestion and wastewater treatment systems”, *Kluwer Academic Publishers*, Holanda;
- Lever M. (2010), “Operator’s Guide to Activated Sludge Bulking”. “35th Annual Qld Water Industry Operations Workshop”, CQ University Rockhampton, 22-24 junho de 2010;

- Liu and Liptak (1997), "Environmental Engineering Handbook", (2ª ed.) *The CRC Press, LLC*, Boca Raton Florida;
- Mano, A.P. (2013), Folhas de apoio às aulas de Sistemas de Tratamento de Águas Residuais e Efluentes Industriais, FCT/UNL;
- Mano, A.P. (2014), Folhas de apoio às aulas de Projeto de ETA e ETAR, FCT/UNL;
- Mano, A.P. (2014), "Remoção de Nutrientes em Estações de Tratamento de Água Residual Urbana", FCT/UNL, documentação técnica interna;
- Mackenzie, L., Davis, D. (1998), "Introduction to Environmental Engineering", (3ª ed.) *Internacional Editions*;
- Metcalf & Eddy (1991), "Wastewater Engineering Treatment, Disposal and Reuse", (3ª ed.) *McGraw and Hill*, Nova Iorque;
- Metcalf & Eddy (2003), "Wastewater Engineering, Treatment and Reuse", (4ª ed.) *McGraw and Hill*;
- Nguyen, T., Hilal, N., Hankins, N., & Novak, J. (2008), "The relationship between cation ions and polysaccharide on the floc formation of synthetic and activated sludge", *Desalination* vol. 227 pp. 94–102;
- Orhon, D., & Artan, N. (1994), "Modelling of Activated Sludge Systems . Pennsylvania", *Technomic Publishing Company, Inc.*;
- Parker, D. (2005), comentou em *Water Research* vol. 39, pp. 735 – 737 o artigo "Impact of structural characteristics on activated sludge floc stability" por Britt-Marie Wilen, Bo Jim and Paul Lant (2003), publicado em *Water Research*, N.º 37, pp. 3632–3645;
- Punmia, B.C.; Jain. A. (1998), "Wastewater Engineering – Including Air Pollution", *Laxmi Publications*;
- Pereira, D. (2013), Folhas de apoio às aulas de Hidráulica Urbana, FCT/UNL;
- Piveli R.P. (2001), "Qualidade das Águas e Poluição: Aspectos Físico-Químicos";
- Qasim, S. (2000), "Wastewater Treatment Plants – Planning, Design and Operation" The University of Texas at Arlington, *CRC Press LLC*, Nova Iorque;
- Ramalho, R. S. (1983), "Introduction to Wastewater Treatment Processes", (2ª ed.) *ACADEMIC PRESS, INC*, Londres;
- Randall, C., Barnard, J., Stensel, H. (1992), "Design and retrofit of wastewater treatment plants for biological phosphorus removal", *Technomic Publ.*, Lancaster;
- Rehnstöm, A. (2000), "Automatic Control of an Activated Sludge Process in a Wastewater Treatment Plant - a Benchmark Study", Engineering Physics Programme, Uppsala University School of Engineering;
- Reynolds T.D., and Richards P.A. (1996), "Unit Operations and Processes in Environmental Engineering", (2ª ed.) *PWS Publishing*, Nova Iorque;
- Richard, M.G., G.P. Shimizu, D. Jenkins (1985), "The growth physiology of the filamentous organism type 021N and its significance to activated sludge bulking". *J. Water Pollution Control Fed.* vol. 57, pp. 1152–1162;
- Richard, M. (1989), "The bench sheet monograph on activated sludge microbiology", Virginia: The Water Pollution Control Federation;
- Rojas J.A. (2004), "Relationship between the Sludge Settling Characteristics and the Parameters of the Activated Sludge System", Tese de *mestrado*, University of New Orleans, USA;
- Santo, L.A. (2008), "Sistemas Simplificados de Saneamento de Águas Residuais – Abordagem Integrada". Tese de *mestrado*, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa (Portugal);
- Sardinha J., Ângelo, A., Damasceno, J., Carvalho, M., Bastos, P., & Santos, S. (2002), "*Soluções tipo para pequenas instalações de tratamento de águas residuais*", AdP, documentação técnica interna – Sistemas multimunicipais;
- Sardinha J. (2013), Folhas de apoio às aulas de Equipamentos Eletromecânicos e Automação, FCT/UNL;
- Schwindamann C. (2010), "Activated Sludge: Basic Operations and Troubleshooting", The Kansas Lifeline, julho de 2010;
- SMAS de Sintra (2011), Manual de procedimentos para a exploração da ETAR de Colares S1;
- SMAS de Sintra (1990), Memória descritiva do projeto de execução - ETAR de Colares S1;
- Spellman F.R. (2014) "Handbook of Water and Wastewater Treatment Plant Operations", (3ª ed.) *CRC Press*, Nova Iorque;
- Tsang, Y., Sin, S., & Chua, H. (2008), "Nocardia foaming control in activated sludge process treating domestic wastewater". *Bioresource Technology*, vol. 99, pp. 3381 – 3388;
- USEPA (2007), Fact Sheet: Introduction to Clean Water Act (CWA) Section 303(d) Impaired Waters Lists, Washington DC;

- Von Sperling, M. (1996), "Princípios básicos do tratamento de esgotos - Princípios do tratamento biológico de águas residuárias", (vol.2) UFMG, Belo Horizonte;
- WEF (2007), "Operation of Municipal Wastewater Treatment Plants", (6ª ed.) Capítulo 2.
- Wilén, B., Lumley, D., Mattsson, A., & Mino, T. (2008), "Relationship between floc composition and flocculation and settling properties studied at a full scale activated sludge plant", Water Research vol. 42 pp. 4404–4418.

ANEXOS

ANEXO 1 – Descrição sumária das ETAR exploradas pelos SMAS de Sintra

Na tabela seguinte resumem-se as ETAR exploradas pelos SMAS de Sintra e a respetiva população (e.p) servida no horizonte de projeto (hp). Indica-se igualmente o respetivo ano de início de exploração.

Tabela A1.1 - ETAR exploradas pelos SMAS de Sintra e respetiva população em hp

ETAR	População servida em hp (e.p)	Início de exploração (ano)	Ano hp
Almargem do Bispo	1 200	1992	2010
Almoçageme	3 500	2000	2015
Almorquim	370	2009	2045
Azóia	500	1994	2010
Cavaleira	9 000	2000	2017
Janas	500	2013	2025
Magoito	5 200	2001	2010
Montelavar	18 000	2005	2022
Negrais	2 110	2008	2025
Ribeira S2	35 000	1996	2030
Sabugo	2 500	1999	2015
S. João das Lampas	7 535	2004	2030
Ulgueira	800	2012	2044
Vila Verde	3 000	1990	2010

Para cada uma das ETAR resumem-se os aspetos mais relevantes:

- **Almargem do Bispo**

Na tabela A1.2 resumem-se os aspetos mais relevantes e na figura A1.1 apresenta-se o respetivo diagrama linear simplificado.

Tabela A1.2 – Aspetos mais relevantes associados à ETAR de Almargem do Bispo

Descritor	Características
Localização	Rua das Cordas, freguesia de Almargem do Bispo
Afluência	Gravítica (100%)
Principais etapas associadas à linha de tratamento	<p>Fase líquida:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tratamento preliminar, que inclui gradagem manual (duas grades em paralelo), remoção de areias (dois canais em paralelo); - Descarregador <i>Parshall</i> com medição de caudal; - Tratamento secundário através de um processo de lamas ativadas, na variante vala de oxidação a funcionar em regime de arejamento prolongado; - O arejamento é assegurado através de um rotor (arejador de eixo horizontal), e a recirculação de lamas/extração de lamas em excesso é efetuada através de um sistema <i>air-lift</i>. <p>Fase sólida:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Desidratação das lamas em excesso em seis leitos de secagem.
Principais parâmetros de dimensionamento	<ul style="list-style-type: none"> - Caudal médio em hp (m^3/dia) - 192 - CBO_5 em hp (kg/dia) - 65
Licença de descarga	<ul style="list-style-type: none"> - SST (mg/L) - 60 - CBO_5 ($\text{mg}/\text{L O}_2$) - 40 - CQO ($\text{mg}/\text{L O}_2$) - 150

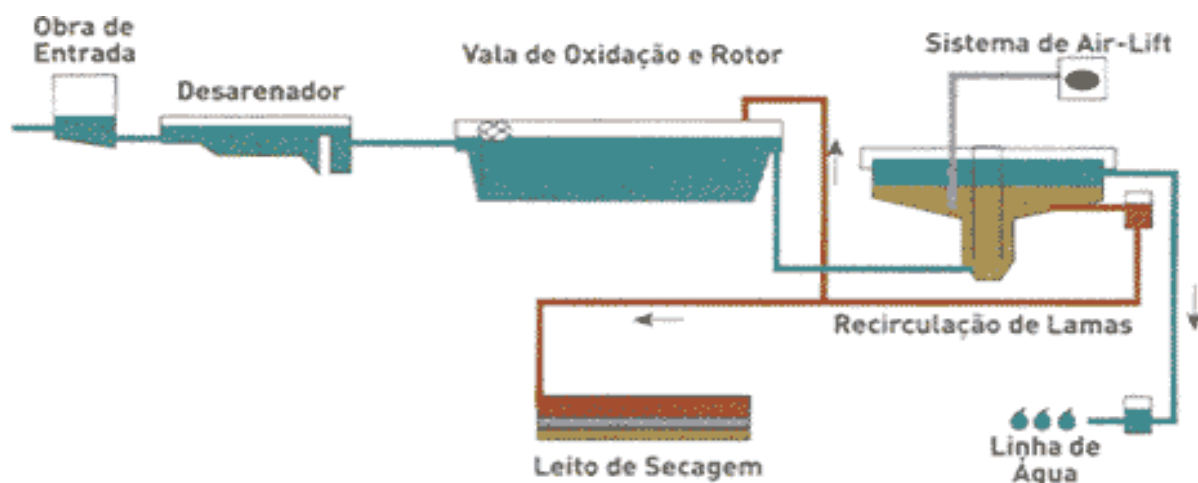


Figura A1.1 – Diagrama linear simplificado da ETAR de Almargem do Bispo (adaptado de www.smas-sintra.pt)

Nas figuras A1.2 e A1.3 apresenta-se para o período outubro de 2012 a fevereiro de 2014, e com base na informação disponibilizada pelos SMAS de Sintra, a variação do caudal médio afluente e da carga média afluente. Nas figuras apresentam-se igualmente os valores de dimensionamento.

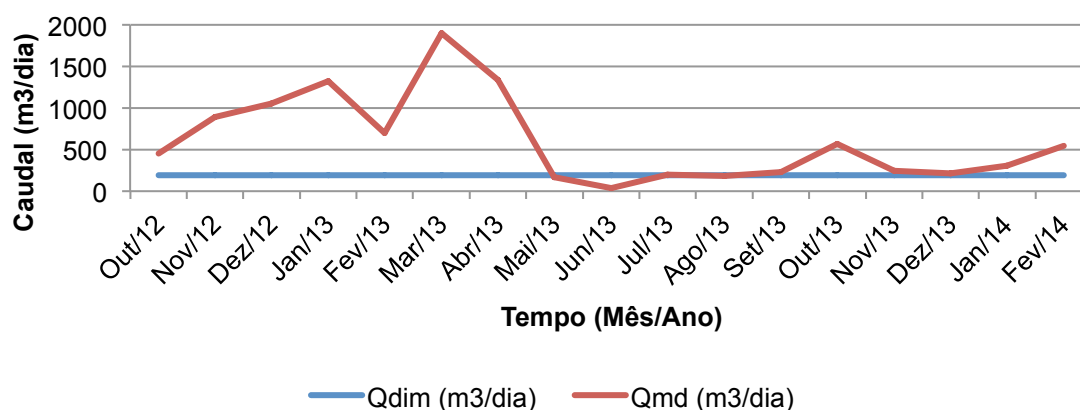


Figura A1.2 – Evolução do caudal médio afluente (m^3/dia) de outubro de 2012 a fevereiro de 2014 na ETAR de Almargem do Bispo

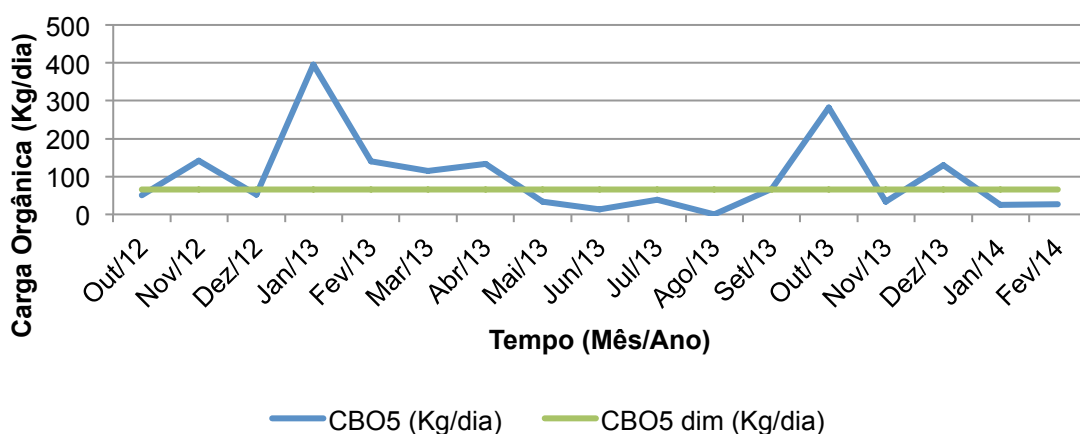


Figura A1.3 – Evolução da carga orgânica afluente ($\text{kg CBO}_5/\text{dia}$) de outubro de 2012 a fevereiro de 2014 na ETAR de Almargem do Bispo

Da análise das figuras anteriores, importa referir que relativamente ao caudal, os valores médio diários foram, durante o inverno de 2012/2013, claramente superiores ao valor de dimensionamento (até dez vezes superiores), devido a problemas construtivos no canal Parshall, que originaram medições incorretas. A partir do inverno de 2013/2014 o fundo do canal Parshall foi corrigido verificando-se caudais afluente menos acentuados. No que se refere à variação da carga orgânica afluente, verifica-se que há igualmente variações acentuadas ao longo do tempo, coincidindo os valores médios mais elevados com o período de inverno, nomeadamente no inverno de 2012/2013 em que a carga média afluente foi cerca de seis vezes superior ao valor médio de dimensionamento. Estes picos de carga orgânica afluente poderão ser justificados pelo contributo pluvial.

• Almoçageme

Na tabela A1.3 resumem-se os aspetos mais relevantes e na figura A1.4 apresenta-se o respetivo diagrama linear simplificado.

Tabela A1.3 – Aspetos mais relevantes associados à ETAR de Almoçageme

Descritor	Características
Localização	Praia da Adraga, freguesia de Colares
Afluência	Gravítica (100%)
Principais etapas associadas à linha de tratamento	<p>Fase líquida:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tratamento preliminar, que inclui gradagem manual e mecânica (duas grades em paralelo), remoção de areias (dois canais em paralelo); - Descarregador <i>Parshall</i> com medição de caudal; - Tratamento primário através de dois decantadores primários de planta quadrada de escoamento vertical, não mecanizados; - Tratamento secundário através de um processo de biomassa fixa, na variante discos biológicos (quatro); - Decantador secundário de planta quadrada e de escoamento vertical, não mecanizado. <p>Fase sólida:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Digestão em baixa carga e desidratação das lamas em três leitos de secagem, ou por intermédio de doze sacos filtrantes.
Principais parâmetros de dimensionamento	<ul style="list-style-type: none"> - Caudal médio em hp (m^3/dia) - 420 - CBO_5 em hp (kg/dia) - 189
Licença de descarga	<ul style="list-style-type: none"> - SST (mg/L) - 35 - CBO_5 ($\text{mg}/\text{L O}_2$) - 125 - CQO ($\text{mg}/\text{L O}_2$) - 25

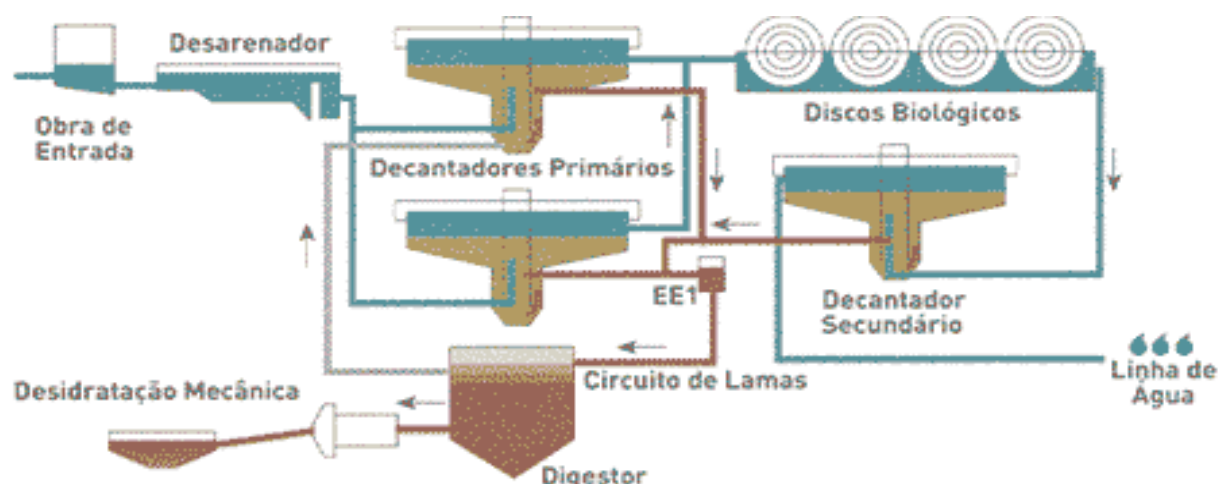


Figura A1.4 – Diagrama linear simplificado da ETAR de Almoçageme (adaptado de www.smas-sintra.pt)

Nas figuras A1.5 e A1.6 apresenta-se para o período janeiro de 2010 a fevereiro de 2014, e com base na informação disponibilizada pelos SMAS de Sintra, a variação do caudal médio afluente e da carga média afluente. Nas figuras apresentam-se igualmente os valores de dimensionamento.

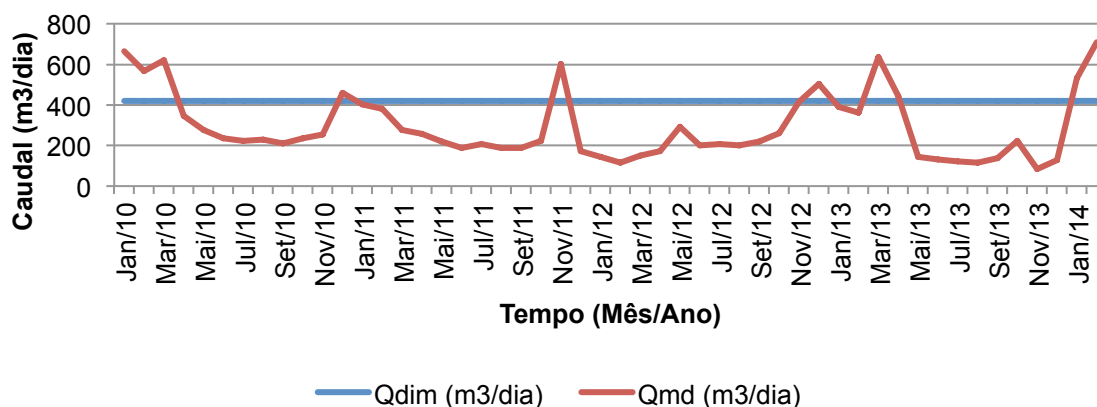


Figura A1.5 – Evolução do caudal médio afluente (m^3/dia) de janeiro de 2010 a fevereiro de 2014 na ETAR de Almoçageme

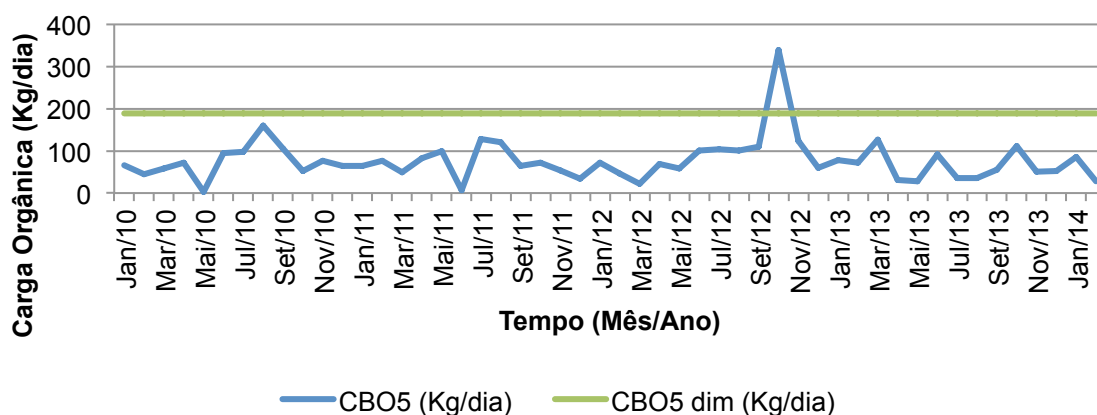


Figura A1.6 – Evolução da carga orgânica afluente (kg CBO_5/dia) de janeiro de 2010 a fevereiro de 2014 na ETAR de Almoçageme

Da análise das figuras anteriores, importa referir que relativamente ao caudal os valores médio diários foram, normalmente, inferiores ao caudal médio de dimensionamento. Os picos que ocorrem, normalmente durante os invernos, poderão ser justificados pelo contributo pluvial. No que se refere à variação da carga orgânica afluente, esta é inferior ao valor médio de dimensionamento, com uma única exceção (novembro de 2012) do período verifica-se que apenas há uma variação acentuada ao longo do tempo, o que poderá ser justificado pelo contributo pluvial.

- **Almorquim**

Na tabela A1.4 resumem-se os aspetos mais relevantes e na figura A1.7 apresenta-se o respetivo diagrama linear simplificado.

Tabela A1.4 – Aspetos mais relevantes associados à ETAR de Almorquim

Descritor	Características
Localização	Estrada de Almorquim, freguesia da Terrugem
Afluência	Gravítica (100%)
Principais etapas associadas à linha de tratamento	<p>A ETAR é uma ETAR compacta (ECOFLOW 200)</p> <p>Fase líquida:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tratamento preliminar, que inclui gradagem manual (duas grades em paralelo) e remoção de areias (dois canais em paralelo); - Descarregador <i>Parshall</i> com medição de caudal; - Tratamento secundário através de um processo de biomassa suspensa – lamas ativadas, na variante de arejamento prolongado (1 linha); <p>Fase sólida:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Encaminhamento das lamas, por carro limpa fossas, para desidratação na ETAR de Montelavar.
Principais parâmetros de dimensionamento	<ul style="list-style-type: none"> - Caudal médio em hp (m^3/dia) - 93 - CBO_5 em hp (kg/dia) – 22
Licença de descarga	<ul style="list-style-type: none"> - SST (mg/L) - 60 - CBO_5 ($\text{mg}/\text{L O}_2$) - 40 - CQO ($\text{mg}/\text{L O}_2$) - 150

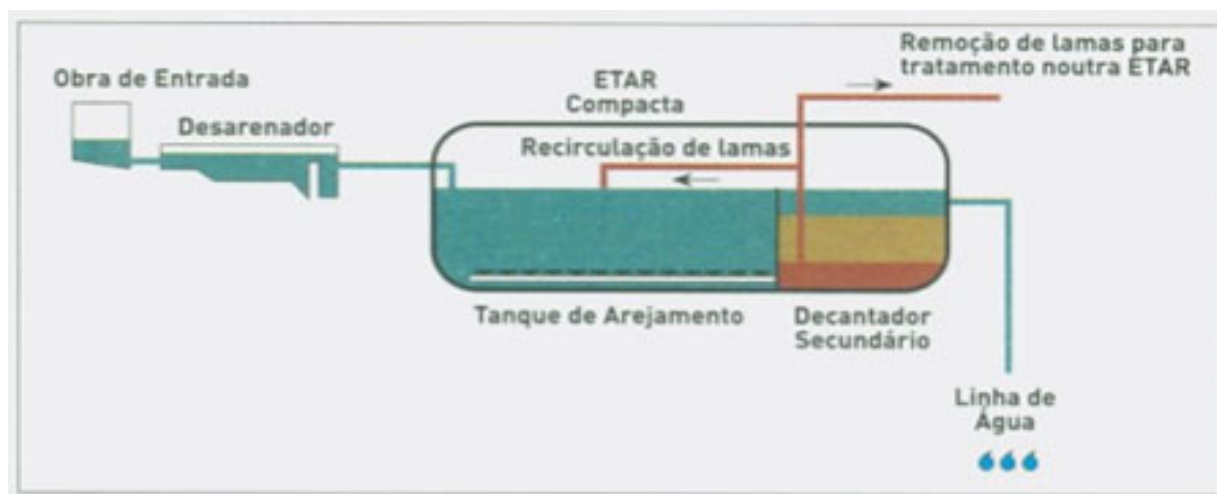


Figura A1.7 – Diagrama linear simplificado da ETAR de Almorquim (adaptado de www.smas-sintra.pt)

Nas figuras A1.8 e A1.9 apresenta-se para o período janeiro de 2010 a fevereiro de 2014, e com base na informação disponibilizada pelos SMAS de Sintra, a variação do caudal médio afluente e da carga média afluente. Nas figuras apresentam-se igualmente os valores de dimensionamento.

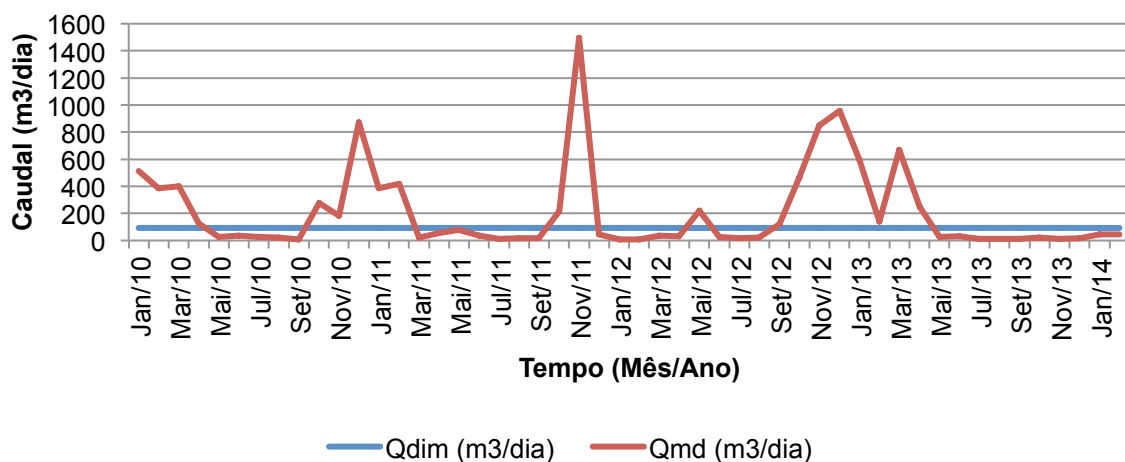


Figura A1.8 – Evolução do caudal médio afluente (m^3/dia) de janeiro de 2010 a fevereiro de 2014 na ETAR de Almorquim

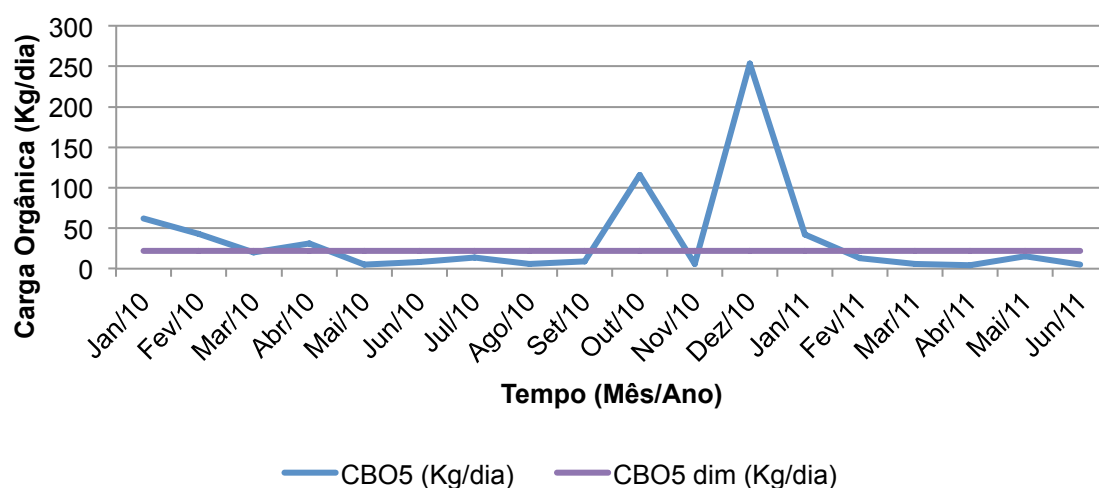


Figura A1.9 – Evolução da carga orgânica afluente (kg CBO_5/dia) de janeiro de 2010 a junho de 2011 na ETAR de Almorquim

Da análise das figuras anteriores, importa referir que relativamente ao caudal, os valores médio diários foram, durante os invernos de 2010 a 2013, claramente superiores ao valor de dimensionamento (até quinze vezes superior) possivelmente em consequência de contributos significativos de água pluvial. No que se refere à variação da carga orgânica afluente, os dados são referentes a um intervalo mais curto devido à ETAR estar desativada, motivado pelo colapso do terreno que levou à rotura dos tanques, e não se efetuaram mais análises. Verifica-se, então, apenas uma variação acentuada coincidindo com o período de início de chuvas do ano de 2010, em que a carga média afluente foi cerca de dez vezes superior ao valor médio de dimensionamento.

Apesar da ETAR se encontrar desativada as medições de caudal continuam a ser efetuadas devido ao caudal estar a ser tratado na ETAR de Montelavar, onde é descarregado posteriormente ao medidor de caudal.

- **Azóia**

Na tabela A1.5 resumem-se os aspetos mais relevantes e na figura A1.10 apresenta-se o respetivo diagrama linear simplificado.

Tabela A1.5 – Aspetos mais relevantes associados à ETAR da Azóia

Descritor	Características
Localização	Rua do Lavradio, freguesia de Colares
Afluência	Gravítica (100%)
Principais etapas associadas à linha de tratamento	<p>Fase líquida:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tratamento preliminar, que inclui gradagem manual (duas grades em paralelo) e remoção de areias (dois canais em paralelo); - Descarregador <i>SUTRO</i> com medição de caudal; - Tratamento secundário através de um processo de lamas ativadas, na variante vala de oxidação a funcionar em regime de arejamento prolongado; - O arejamento é assegurado através de um rotor (arejador de eixo horizontal); - Decantador secundário de planta quadrada de entrada e descarga lateral. <p>Fase sólida:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Espessamento gravítico e desidratação das lamas em três leitos de secagem (devido a estes se encontrarem colapsados efetua-se o reencaminhamento das lamas para desidratação na ETAR de Colares S1).
Principais parâmetros de dimensionamento	<ul style="list-style-type: none"> - Caudal médio em hp (m^3/dia) - 80 - CBO_5 em hp (kg/dia) - 27
Licença de descarga	<ul style="list-style-type: none"> - SST (mg/L) - 60 - CBO_5 ($\text{mg}/\text{L O}_2$) - 40 - CQO ($\text{mg}/\text{L O}_2$) - 150 <p>Licença caducada, a aguardar emissão de nova licença de descarga por parte da entidade reguladora (APA).</p>

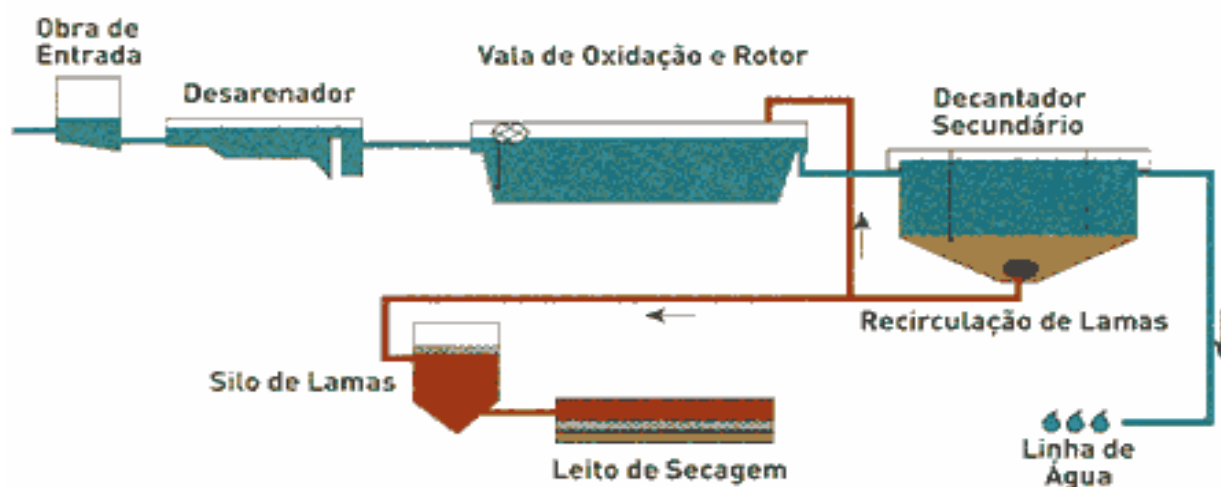


Figura A1.10 – Diagrama linear simplificado da ETAR da Azóia (adaptado de www.smas-sintra.pt)

Nas figuras A1.11 e A1.12 apresenta-se para o período novembro de 2012 a fevereiro de 2014, e com base na informação disponibilizada pelos SMAS de Sintra, a variação do caudal médio afluente e da carga média afluente. Nas figuras apresentam-se igualmente os valores de dimensionamento.

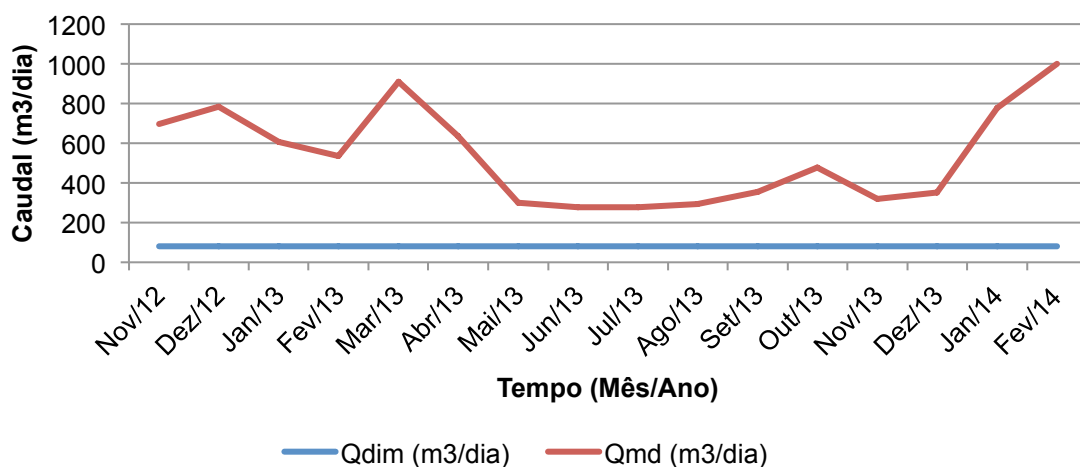


Figura A1.11 – Evolução do caudal médio afluente (m^3/dia) de novembro de 2012 a fevereiro de 2014 na ETAR da Azóia

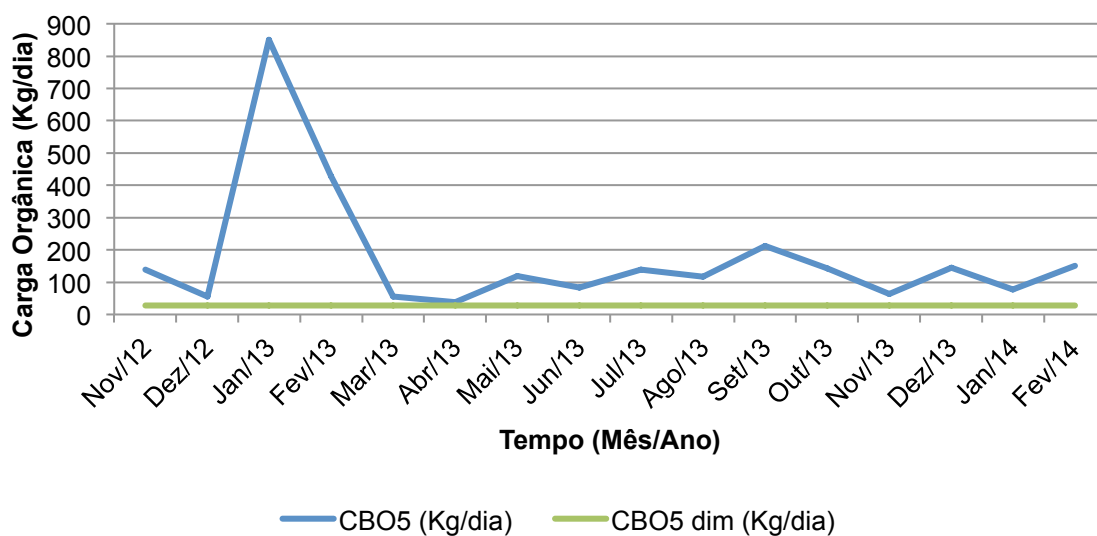


Figura A1.12 – Evolução da carga orgânica afluente (kg CBO_5/dia) de novembro de 2012 a fevereiro de 2014 na ETAR da Azóia

Da análise das figuras anteriores, importa referir que relativamente ao parâmetro caudal, os valores médios diários foram sempre superiores ao valor de dimensionamento (até doze vezes superior) bem como os valores de carga orgânica. Face a esta informação admite-se que a ETAR se encontra subdimensionada.

- **Cavaleira**

Na tabela A1.6 resumem-se os aspetos mais relevantes e na figura A1.13 apresenta-se o respetivo diagrama linear simplificado.

Tabela A1.6 – Aspetos mais relevantes associados à ETAR da Cavaleira

Descritor	Características
Localização	Urbanização moinho da Cavaleira, freguesia de Algueirão – Mem Martins
Afluência	Gravítica (100%)
Principais etapas associadas à linha de tratamento	<p>Fase líquida:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tratamento preliminar, que inclui gradagem mecânica e manual (um tamisador e uma grade grossa em paralelo) e remoção de areias (dois canais em paralelo); - Descarregador <i>Parshall</i> com medição de caudal; - Tratamento secundário através de um processo de lamas ativadas, na variante de tanque de arejamento em regime de baixa carga (2 linhas) e decantação secundária (1 linha); - Tratamento terciário através de filtro de areia e desinfecção por adição de cloro líquido de parte do afluente para reutilização. <p>Fase sólida:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Espessamento gravítico das lamas secundárias e desidratação por filtro de banda.
Principais parâmetros de dimensionamento	<ul style="list-style-type: none"> - Caudal médio em hp (m^3/dia) – 1 835 - CBO_5 em hp (kg/dia) – 486
Licença de descarga	<ul style="list-style-type: none"> - SST (mg/L) – 35 - CBO_5 ($\text{mg}/\text{L O}_2$) - 25 - CQO ($\text{mg}/\text{L O}_2$) - 125

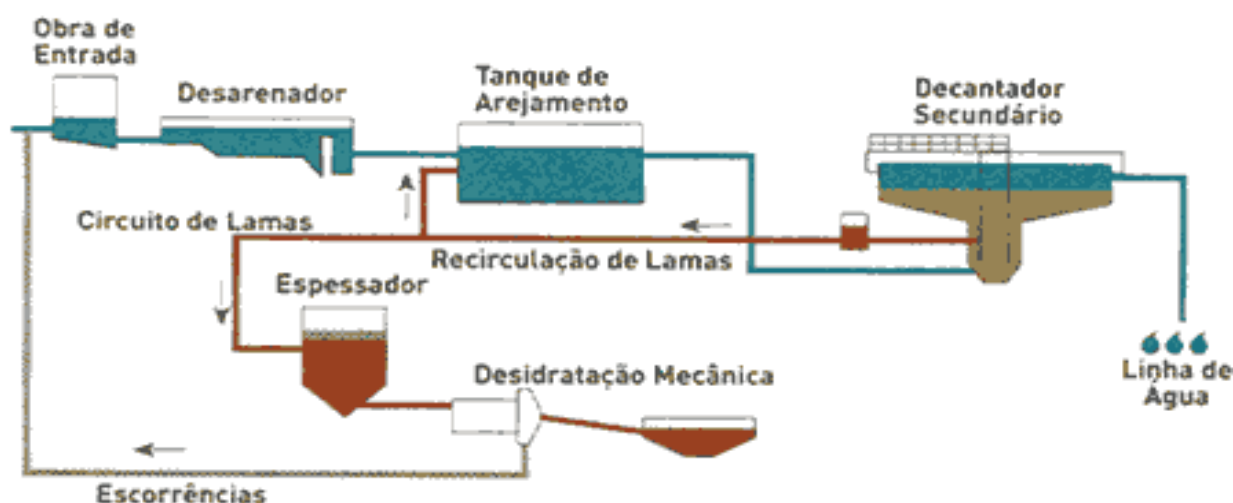


Figura A1.13 – Diagrama linear simplificado da ETAR da Cavaleira (adaptado de www.smas-sintra.pt)

Nas figuras A1.14 e A1.15 apresenta-se para o período janeiro de 2010 a fevereiro de 2014, e com base na informação disponibilizada pelos SMAS de Sintra, a variação do caudal médio afluente e da carga média afluente. Nas figuras apresentam-se igualmente os valores de dimensionamento.

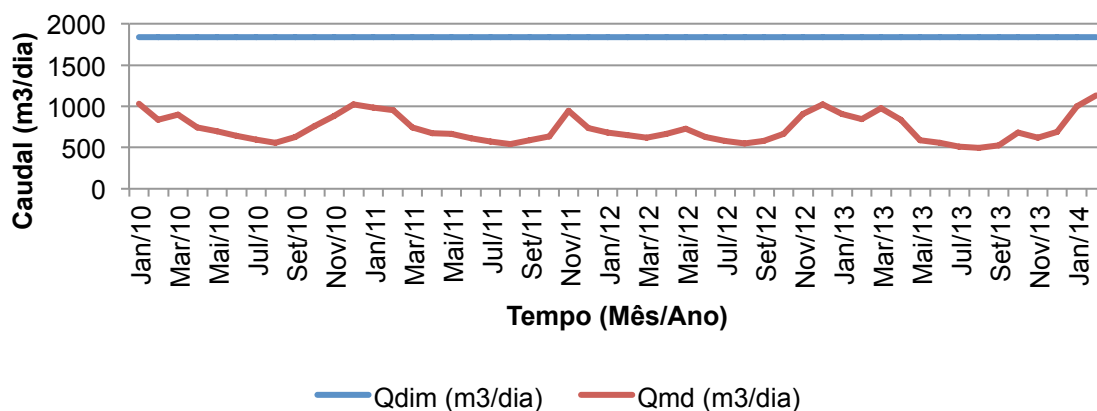


Figura A1.14 – Evolução do caudal médio afluente (m³/dia) de janeiro de 2010 a fevereiro de 2014 na ETAR da Cavaleira

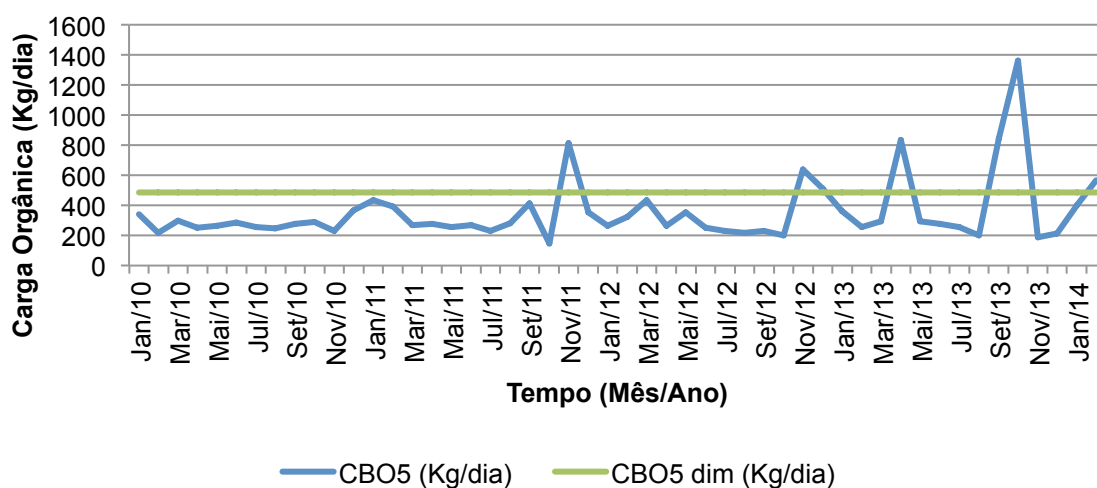


Figura A1.15 – Evolução da carga orgânica afluente (kg CBO₅/dia) de janeiro de 2010 a fevereiro de 2014 na ETAR da Cavaleira

Da análise das figuras anteriores, importa referir que relativamente ao parâmetro caudal, os valores médio diários foram, claramente inferiores ao valor de dimensionamento. No que se refere à variação da carga orgânica afluente, os valores são, em termos médios, inferiores ao valor de dimensionamento, verificando-se no entanto picos de carga (que atingem valores superiores ao valor de dimensionamento) nos períodos em que ocorrem as primeiras chuvas.

- Janas

Na tabela A1.7 resumem-se os aspetos mais relevantes e na figura A1.16 apresenta-se o respetivo diagrama linear simplificado.

Tabela A1.7 – Aspetos mais relevantes associados à ETAR de Janas

Descritor	Características
Localização	Pinhal de Janas, freguesia de S. Martinho
Afluência	Gravítica (100%)
Principais etapas associadas à linha de tratamento	<p>ETAR compacta (ECFLOW VT60)</p> <p>Fase líquida:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tratamento preliminar, que inclui gradagem mecânica e manual (um tamisador e uma grade grossa em paralelo) e remoção de areias (um canal); - Descarregador <i>Parshall</i> com medição de caudal; - Tratamento secundário através de um processo de biomassa suspensa – lamas ativadas, na variante de arejamento prolongado (2 linhas); - Tratamento terciário através de filtro de areia e desinfecção por adição de hipoclorito de sódio de parte do afluente para reutilização. <p>Fase sólida:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Encaminhamento das lamas, por carro limpa fossas, para desidratação na ETAR de Colares S1.
Principais parâmetros de dimensionamento	<ul style="list-style-type: none"> - Caudal médio em hp (m^3/dia) - 500 - CBO₅ em hp (kg/dia) – 190
Licença de descarga	<p>Ano de arranque (% min. remoção):</p> <ul style="list-style-type: none"> - SST (mg/L) – 90% - CBO₅ (mg/L O₂) – 70-90% - CQO (mg/L O₂) - 75% <p>Condições normais de funcionamento:</p> <ul style="list-style-type: none"> - SST (mg/L) – 60 - CBO₅ (mg/L O₂) – 40 - CQO (mg/L O₂) - 150



Figura A1.16 – Diagrama linear simplificado da ETAR de Janas

Nas figuras A1.17 e A1.18 apresenta-se para o período janeiro de 2014 a abril de 2014, e com base na informação disponibilizada pelos SMAS de Sintra, a variação do caudal médio afluente e da carga média afluente. Nas figuras apresentam-se igualmente os valores de dimensionamento.

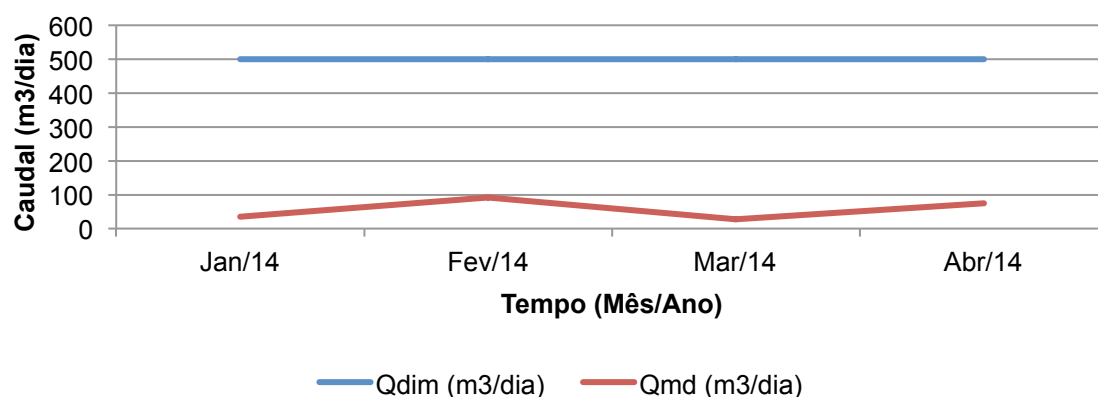


Figura A1.17 – Evolução do caudal médio afluente (m^3/dia) de janeiro de 2014 a abril de 2014 na ETAR de Janas

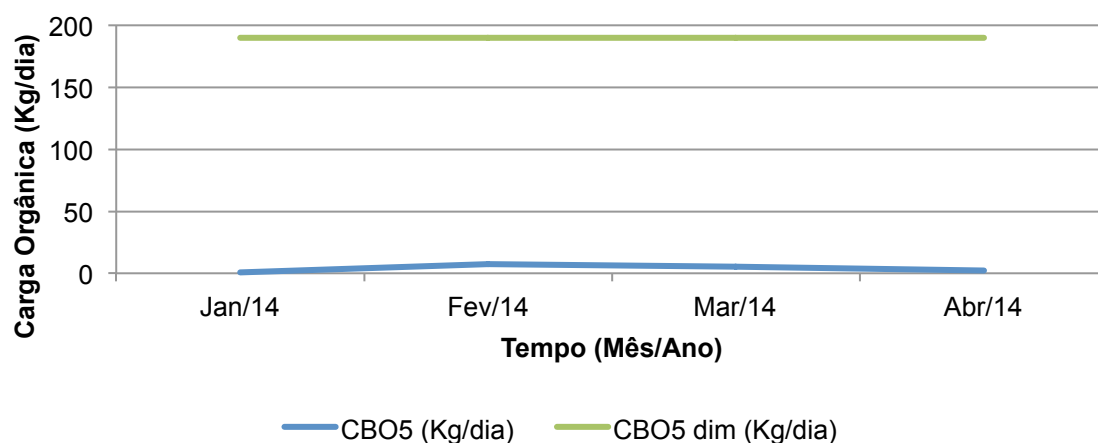


Figura A1.18 – Evolução da carga orgânica afluente ($\text{kg CBO}_5/\text{dia}$) de janeiro de 2014 a abril de 2014 na ETAR de Janas

Da análise das figuras anteriores, importa referir que relativamente aos parâmetros caudal e carga orgânica afluentes, os valores foram claramente inferiores ao valor de dimensionamento (a ETAR está em fase de arranque).

- **Magoito**

Na tabela A1.8 resumem-se os aspetos mais relevantes e na figura A1.19 apresenta-se o respetivo diagrama linear simplificado.

Tabela A1.8 – Aspetos mais relevantes associados à ETAR de Magoito

Descritor	Características
Localização	Praia de Magoito, freguesia de S. João das Lampas
Afluência	Gravítica (20%) Elevada (80%)
Principais etapas associadas à linha de tratamento	<p>Fase líquida:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tratamento preliminar, que inclui gradagem mecânica e manual (dois canais em paralelo) e remoção de areias (dois canais em paralelo); - Descarregador <i>Parshall</i> com medição de caudal; - Tratamento secundário através de um processo de biomassa suspensa – lamas ativadas, em regime de baixa carga (2 linhas); - Tratamento terciário através de tamisador, U.V. e adição de cloro líquido; <p>Fase sólida:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Espessamento gravítico das lamas secundárias através de um sistema “air lift” e desidratação mecânica por filtro de banda ou através de dois leitos de secagem.
Principais parâmetros de dimensionamento	<ul style="list-style-type: none"> - Caudal médio em hp (m^3/dia) – 1 156 - CBO₅ em hp (kg/dia) – 281
Licença de descarga	<ul style="list-style-type: none"> - SST (mg/L) - 35 - CBO₅ (mg/L O₂) - 25 - CQO (mg/L O₂) – 125 - Coliformes fecais (NMP/100ml) – 2 000 - NH₄⁺ (mg/L N) - 10 - Cl₂ residual total (mg/L Cl₂) – 2,0 - pH – 6,0–7,0 (Escala de <i>Sørensen</i>) <p>Licença caducada, a aguardar emissão de nova licença de descarga por parte da entidade reguladora (APA).</p>

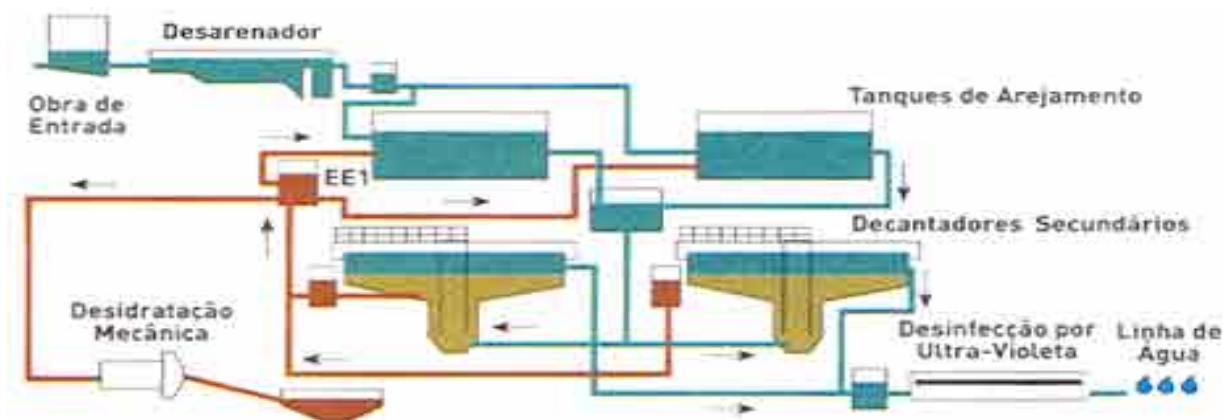


Figura A1.19 – Diagrama linear simplificado da ETAR de Magoito (adaptado de www.smas-sintra.pt)

Nas figuras A1.20 e A1.21 apresenta-se para o período janeiro de 2011 a fevereiro de 2014, e com base na informação disponibilizada pelos SMAS de Sintra, a variação do caudal médio afluente, da carga média afluente e da pluviosidade, visto esta ser a única ETAR munida de estação meteorológica. Nas figuras apresentam-se igualmente os valores de dimensionamento.

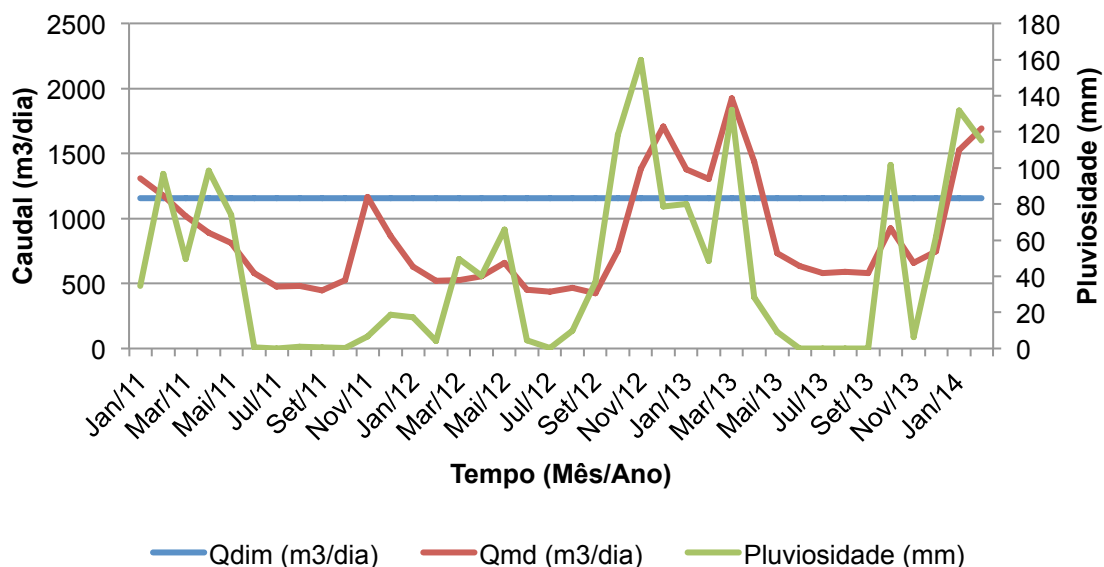


Figura A1.20 – Evolução do caudal médio afluente (m³/dia) e da pluviosidade (mm) de janeiro de 2011 a fevereiro de 2014 na ETAR de Magoito

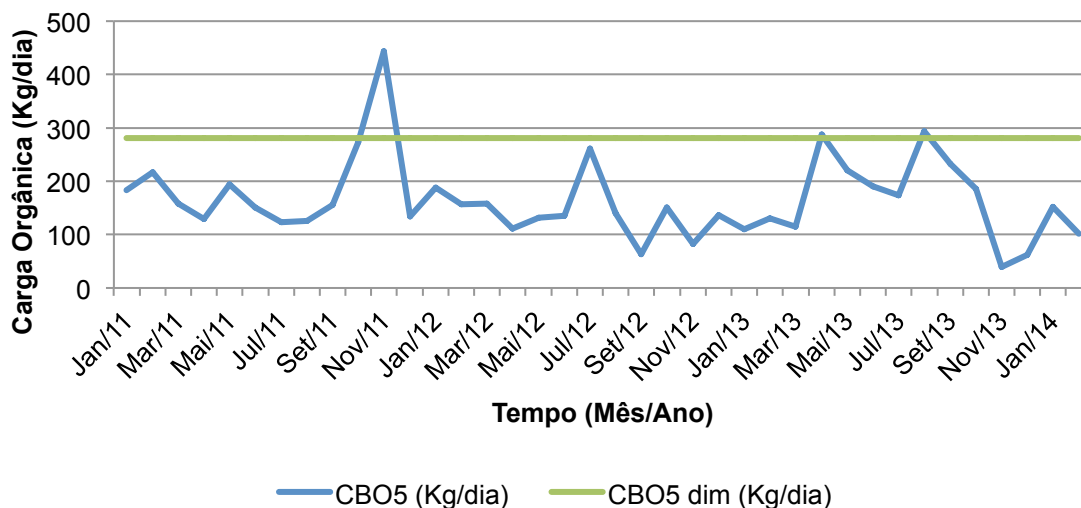


Figura A1.21 – Evolução da carga orgânica afluente (kg CBO₅/dia) de janeiro de 2011 a fevereiro de 2014 na ETAR de Magoito

Da análise das figuras anteriores, importa referir que relativamente ao parâmetro caudal, os valores médios diários apresentam variações significativas, aparentemente associadas à ocorrência de precipitação. No que se refere à variação da carga orgânica afluente, ocorrem igualmente variações ao longo do tempo. O valor médios mais elevado ocorreu em novembro de 2011 não estando, aparentemente associado à ocorrência de precipitação.

- **Montelavar**

Na tabela A1.9 resumem-se os aspetos mais relevantes e na figura A1.22 apresenta-se o respetivo diagrama linear simplificado.

Tabela A1.9 – Aspetos mais relevantes associados à ETAR de Montelavar

Descritor	Características
Localização	Rua de Santa Maria, freguesia de Almargem do Bispo – Pêro Pinheiro - Montelavar
Afluência	Gravítica (100%)
Principais etapas associadas à linha de tratamento	<p>Fase líquida:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tratamento preliminar, que inclui gradagem mecânica e manual (dois canais em paralelo), remoção de areias por bombagem (dois canais em paralelo); - Medição de caudal por sensor eletromagnético tubular de passagem total; - Tratamento primário através de duas linhas com decantador primário cilíndrico-cónico de escoamento vertical, com ponte raspadora de fundo e ponte raspadora de superfície apenas na segunda linha; - Tratamento secundário através de um processo de biomassa suspensa – lamas ativadas, na variante de tanque de arejamento em regime de média carga (duas linhas); - O arejamento é assegurado através de dois arejadores de superfície de eixo vertical (em cada tanque de arejamento); - Duas linhas com decantador secundário cilíndrico-cónico com ponte raspadora de fundo e ponte raspadora de superfície apenas na segunda linha; - Tratamento terciário através de adição de cloro líquido de parte do afluente para reutilização. <p>Fase sólida:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Digestão das lamas secundárias (dois digestores anaeróbios) e desidratação por filtro de banda ou através de dez leitos de secagem.
Principais parâmetros de dimensionamento	<ul style="list-style-type: none"> - Caudal médio em hp (m^3/dia) – 2 218 - CBO_5 em hp (kg/dia) – 938
Licença de descarga	<ul style="list-style-type: none"> - SST (mg/L) – 35 - CBO_5 ($mg/L O_2$) – 25 - CQO ($mg/L O_2$) – 125 - Coliformes fecais* (NMP/100mL) – 100

* - Normas de qualidade a aplicar ao efluente reutilizado na rega

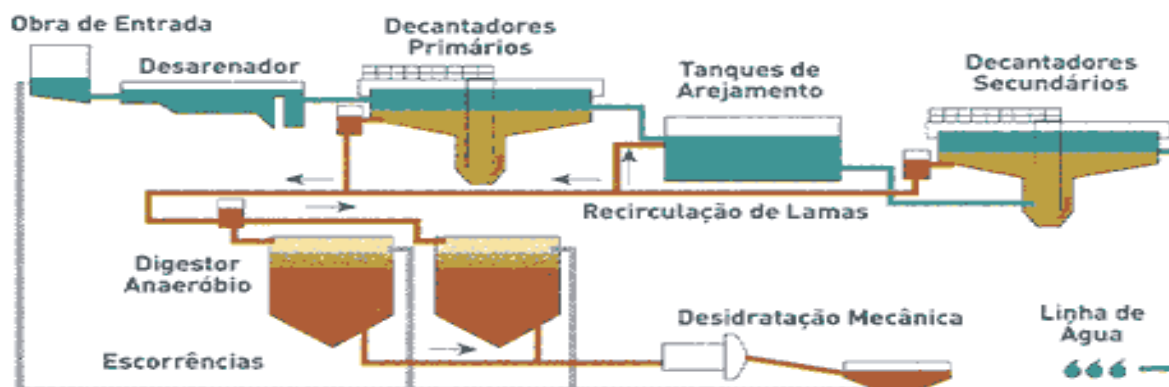


Figura A1.22 – Diagrama linear simplificado da ETAR de Montelavar (adaptado de www.smas-sintra.pt)

Nas figuras A1.23 e A1.24 apresenta-se para o período janeiro de 2010 a fevereiro de 2014, e com base na informação disponibilizada pelos SMAS de Sintra, a variação do caudal médio afluente e da carga média afluente. Nas figuras apresentam-se igualmente os valores de dimensionamento.

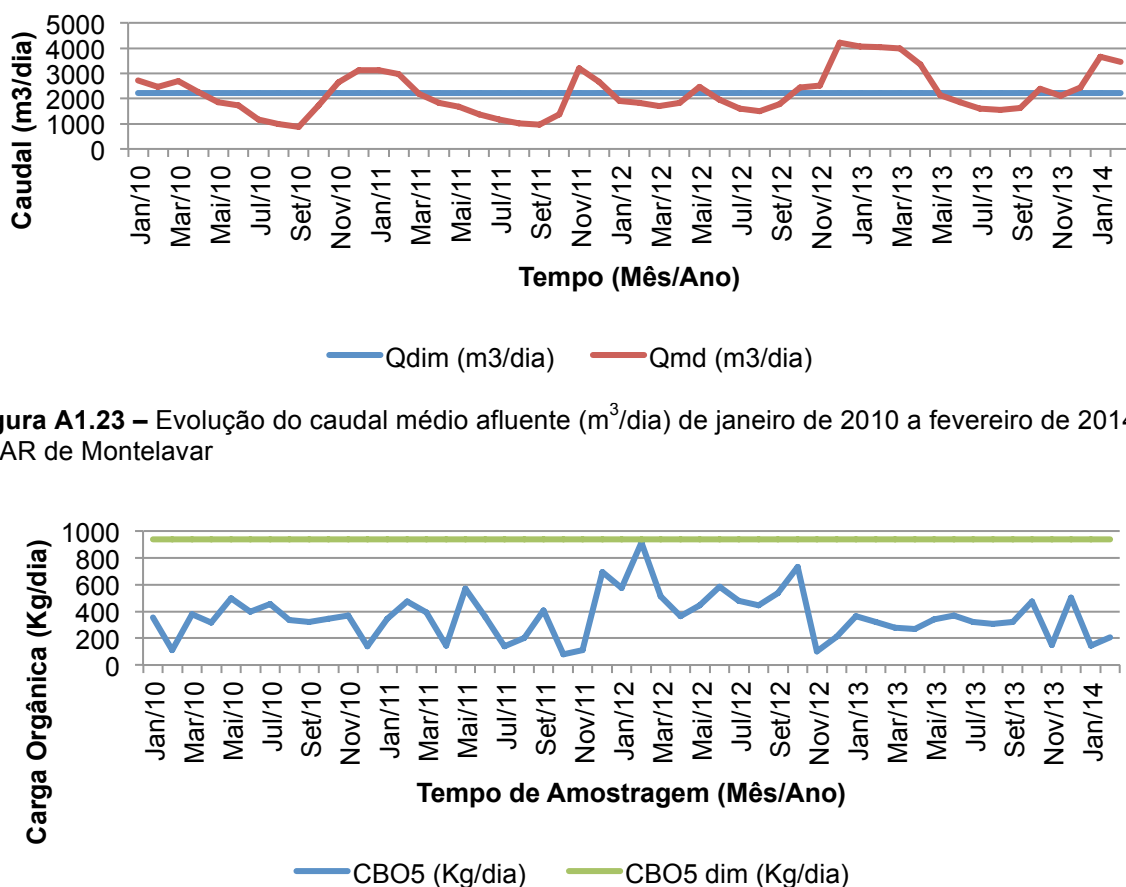


Figura A1.23 – Evolução do caudal médio afluente (m^3/dia) de janeiro de 2010 a fevereiro de 2014 na ETAR de Montelavar

Figura A1.24 – Evolução da carga orgânica afluente ($\text{kg CBO}_5/\text{dia}$) de janeiro de 2010 a fevereiro de 2014 na ETAR de Montelavar

Da análise das figuras anteriores, importa referir que relativamente ao parâmetro caudal, os valores médios diários apresentam variações significativas nos períodos de inverno. No que se refere à variação da carga orgânica afluente, verifica-se que há igualmente variações ao longo do tempo (os picos de carga estão aparentemente associados à ocorrência de precipitação), que, contudo, não ultrapassam os valores de dimensionamento.

- **Negraís**

Na tabela A1.10 resumem-se os aspetos mais relevantes e na figura A1.25 apresenta-se o respetivo diagrama linear simplificado.

Tabela A1.10 – Aspetos mais relevantes associados à ETAR de Negraís

Descritor	Características
Localização	Rua rádio Marconi, freguesia de Almargem do Bispo – Pêro Pinheiro - Montelavar
Afluência	Gravítica (100%)
Principais etapas associadas à linha de tratamento	<p>Fase líquida:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tratamento preliminar, que inclui gradagem mecânica e manual (um tamisador e uma grade grossa em paralelo), remoção de areias e gorduras em canal retangular (um classificador de areias e um concentrador de gorduras); - Descarregador <i>Parshall</i> com medição de caudal; - Tratamento secundário através de um processo de biomassa suspensa – lamas ativadas, na variante de tanque de arejamento em regime de baixa carga (uma linha); - O arejamento é assegurado através de uma malha difusora de bolha fina; - Decantador secundário cilíndrico-cónico com ponte raspadora de fundo; <p>Fase sólida:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Espessamento das lamas secundárias e desidratação por filtro de banda.
Principais parâmetros de dimensionamento	<ul style="list-style-type: none"> - Caudal médio em hp (m^3/dia) - 438 - CBO_5 em hp (kg/dia) – 112
Licença de descarga	<ul style="list-style-type: none"> - SST (mg/L) – 35 - CBO_5 ($mg/L O_2$) – 25 - CQO ($mg/L O_2$) - 125

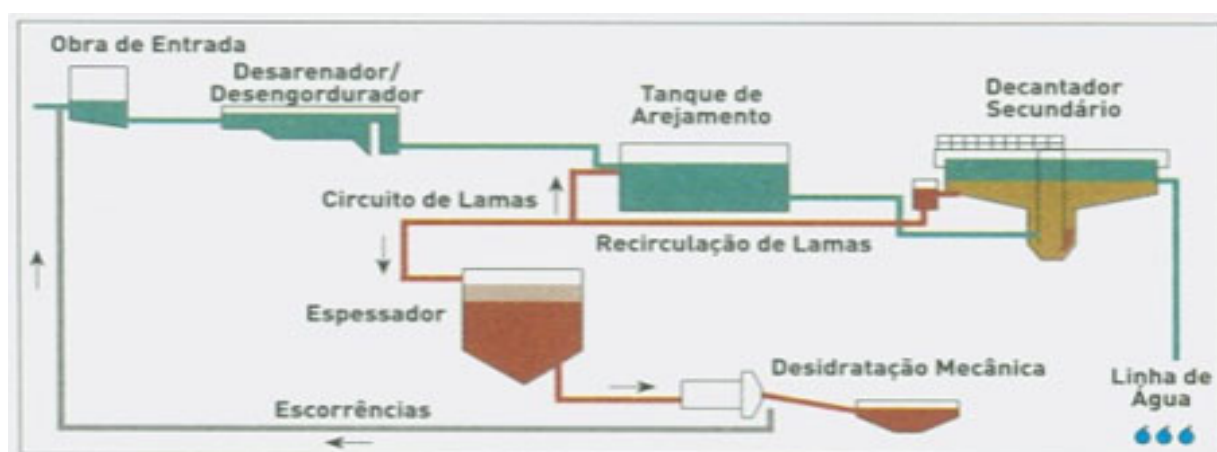


Figura A1.25 – Diagrama linear simplificado da ETAR de Negraís (adaptado de www.smas-sintra.pt)

Nas figuras A1.26 e A1.27 apresenta-se para o período janeiro de 2010 a fevereiro de 2014, e com base na informação disponibilizada pelos SMAS de Sintra, a variação do caudal médio afluente e da carga média afluente. Nas figuras apresentam-se igualmente os valores de dimensionamento.

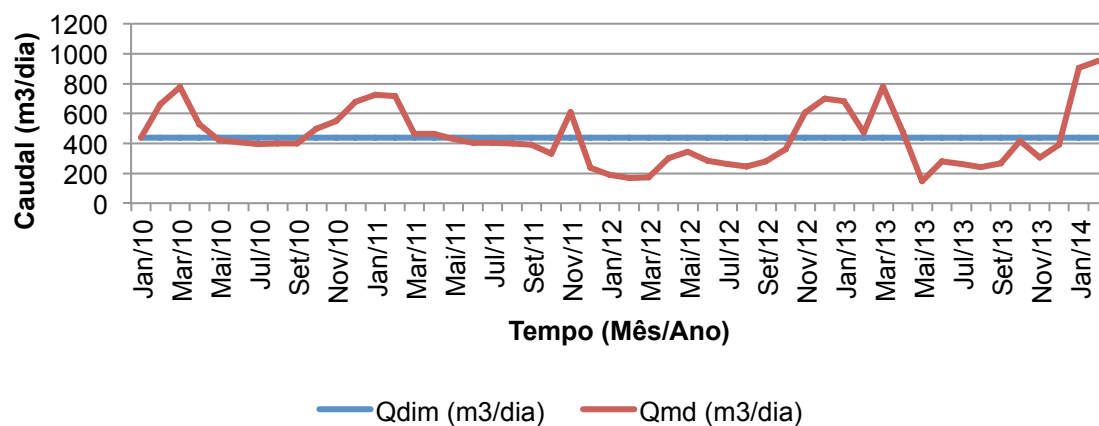


Figura A1.26 – Evolução do caudal médio afluente (m³/dia) de janeiro de 2010 a fevereiro de 2014 na ETAR de Negrais

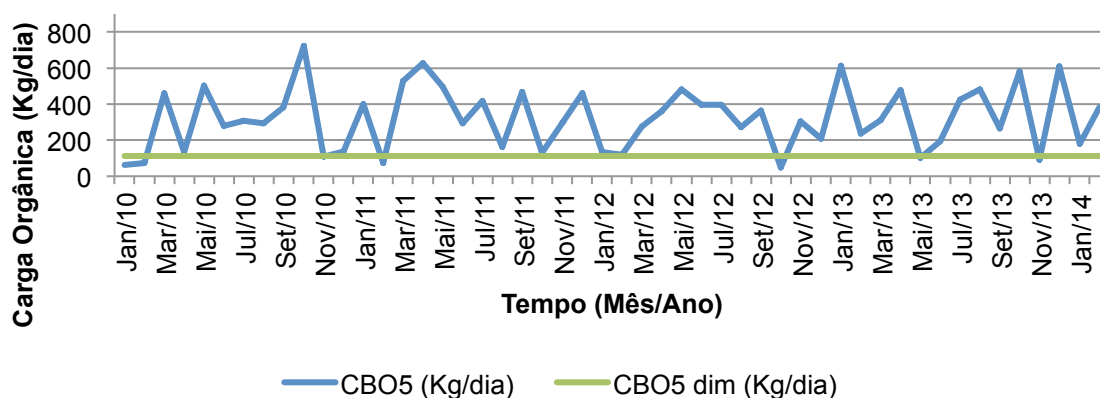


Figura A1.27 – Evolução da carga orgânica afluente (kg CBO₅/dia) de janeiro de 2010 a fevereiro de 2014 na ETAR de Negrais

Da análise das figuras anteriores, importa referir que relativamente ao parâmetro caudal, os valores médios diários apresentam uma variação ao longo do tempo (em torno do caudal médio de dimensionamento), com picos de caudal que podem ser justificados pelo contributo pluvial. No que se refere à variação da carga orgânica afluente, os valores médios diários situam-se praticamente ao longo de todo o período de amostragem, acima do valor médio de dimensionamento, provavelmente em consequência do contributo do efluente proveniente de matadouros locais.

- **Ribeira S2**

Na tabela A1.11 resumem-se os aspetos mais relevantes e na figura A1.28 apresenta-se o respetivo diagrama linear simplificado.

Tabela A1.11 – Aspetos mais relevantes associados à ETAR da Ribeira S2

Descritor	Características
Localização	Quinta do Canaviais, freguesia de S. Martinho
Afluência	Gravítica (100%)
Principais etapas associadas à linha de tratamento	<p>Fase líquida:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tratamento preliminar, que inclui gradagem mecânica e manual (dois canais em paralelo), remoção de areias (dois canais em paralelo); - Descarregador <i>Parshall</i> com medição de caudal; - Tratamento primário com duas linhas de decantadores primários cilíndrico-cónicos com ponte raspadora de fundo e superfície; - Tratamento secundário através de um processo de biomassa suspensa – lamas ativadas, na variante de tanque de arejamento em regime de média carga (duas linhas); - O arejamento é assegurado através de arejadores de superfície de eixo vertical; - Dois decantadores secundários cilíndrico-cónico com ponte raspadora de fundo; <p>Fase sólida:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Digestão das lamas secundárias (dois digestores anaeróbios) e desidratação através de um filtro prensa.
Principais parâmetros de dimensionamento	<ul style="list-style-type: none"> - Caudal médio em hp (m^3/dia) – 7 965 - CBO_5 em hp (kg/dia) – 1 787
Licença de descarga	<ul style="list-style-type: none"> - SST (mg/L) – 35 - CBO_5 ($\text{mg}/\text{L O}_2$) – 25 - CQO ($\text{mg}/\text{L O}_2$) – 125

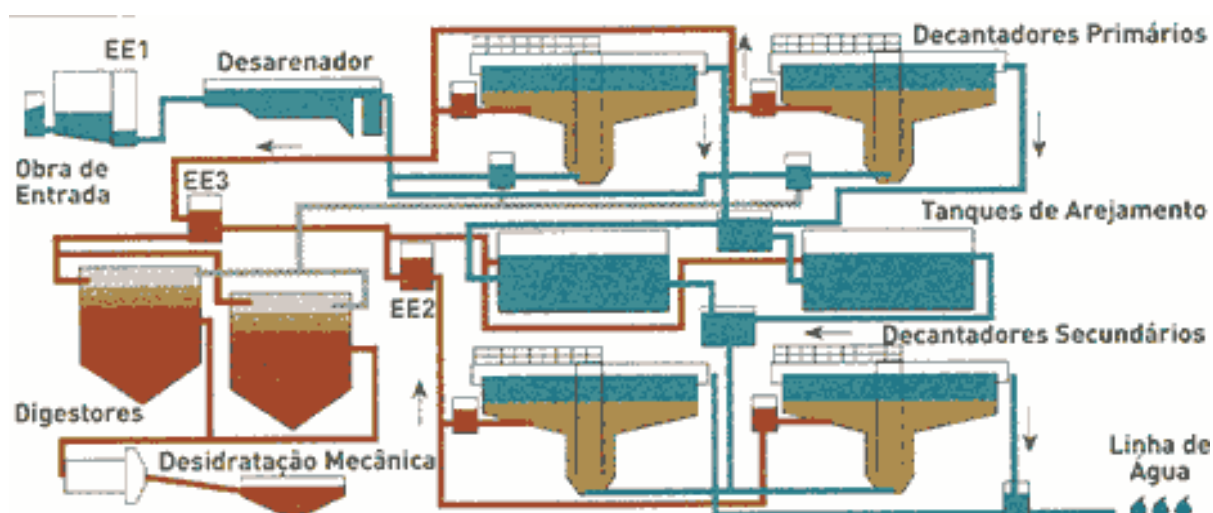


Figura A1.28 – Diagrama linear simplificado da ETAR da Ribeira S2 (adaptado de www.smas-sintra.pt)

Nas figuras A1.29 e A1.30 apresenta-se para o período janeiro de 2010 a fevereiro de 2014, e com base na informação disponibilizada pelos SMAS de Sintra, a variação do caudal médio afluente e da carga média afluente. Nas figuras apresentam-se igualmente os valores de dimensionamento.

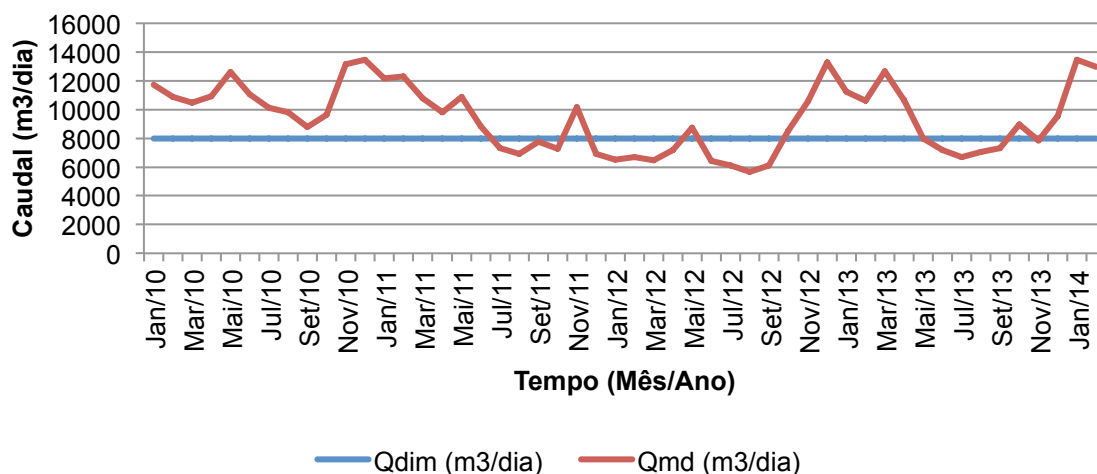


Figura A1.29 – Evolução do caudal médio afluente (m³/dia) de janeiro de 2010 a fevereiro de 2014 na ETAR da Ribeira S2

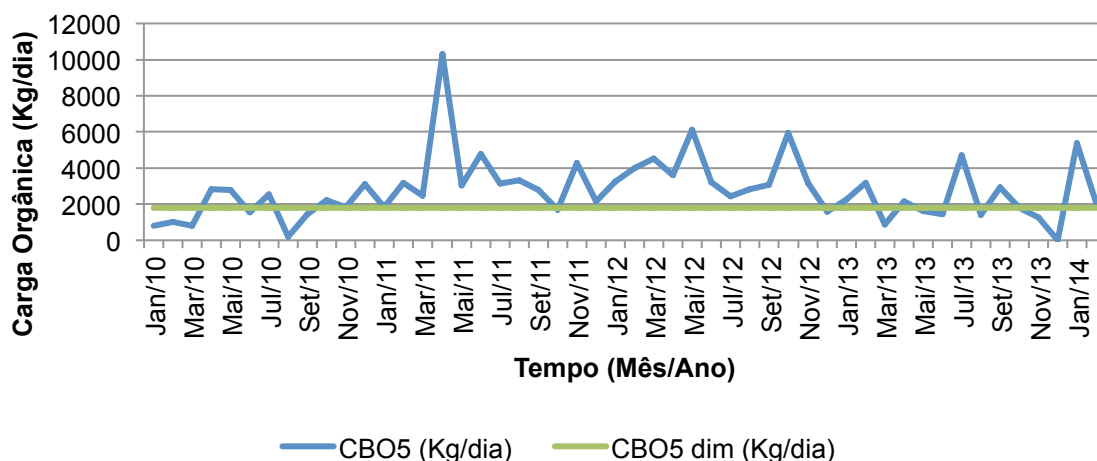


Figura A1.30 – Evolução da carga orgânica afluente (kg CBO₅/dia) de janeiro de 2010 a fevereiro de 2014 na ETAR da Ribeira S2

Da análise das figuras anteriores, importa referir que relativamente ao parâmetro caudal, os valores médios diários ultrapassam na maioria do tempo os valores de dimensionamento. No que se refere à variação da carga orgânica afluente, verifica-se que há igualmente variações ao longo do tempo que, na maior parte do tempo se situa acima do valor médio de dimensionamento (até cinco vezes superior).

- **Sabugo**

Na tabela A1.12 resumem-se os aspetos mais relevantes e na figura A1.31 apresenta-se o respetivo diagrama linear simplificado.

Tabela A1.12 – Aspetos mais relevantes associados à ETAR do Sabugo.

Descritor	Características
Localização	Quinta Covas, freguesia Almargem do Bispo – Pêro Pinheiro - Montelavar
Afluência	Gravítica (100%)
Principais etapas associadas à linha de tratamento	<p>Fase líquida:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tratamento preliminar, que inclui gradagem manual (duas grades em paralelo), remoção de areias (um canal com medição de caudal); - Tratamento primário através de tanque <i>Imhoff</i>; - Tratamento secundário através de um processo de biomassa fixa, na variante de leito percolador em regime de alta carga; - Um decantador secundário cilíndrico-cónico de escoamento vertical, não mecanizado; <p>Fase sólida:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Digestão das lamas secundárias (no tanque <i>Imhoff</i>) e desidratação em doze leitos de secagem.
Principais parâmetros de dimensionamento	<ul style="list-style-type: none"> - Caudal médio em hp (m^3/dia) - 613 - CBO_5 em hp (kg/dia) – 195
Licença de descarga	<ul style="list-style-type: none"> - SST (mg/L) – 35 - CBO_5 ($\text{mg}/\text{L O}_2$) – 25 - CQO ($\text{mg}/\text{L O}_2$) - 125

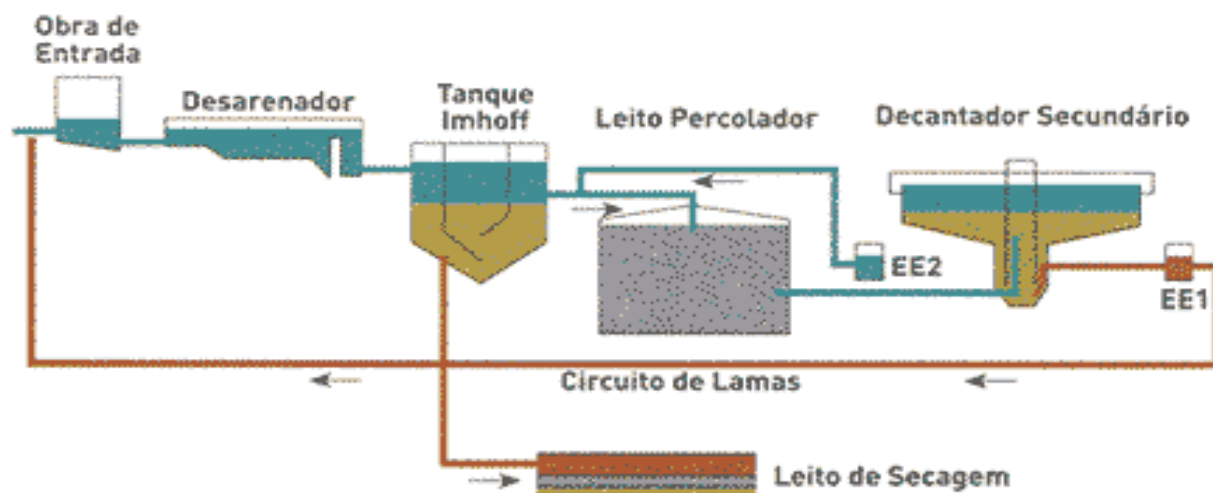


Figura A1.31 – Diagrama linear simplificado da ETAR do Sabugo (adaptado de www.smas-sintra.pt)

Nas figuras A1.32 e A1.33 apresenta-se para o período novembro de 2012 a fevereiro de 2014, e com base na informação disponibilizada pelos SMAS de Sintra, a variação do caudal médio afluente e da carga média afluente. Nas figuras apresentam-se igualmente os valores de dimensionamento.

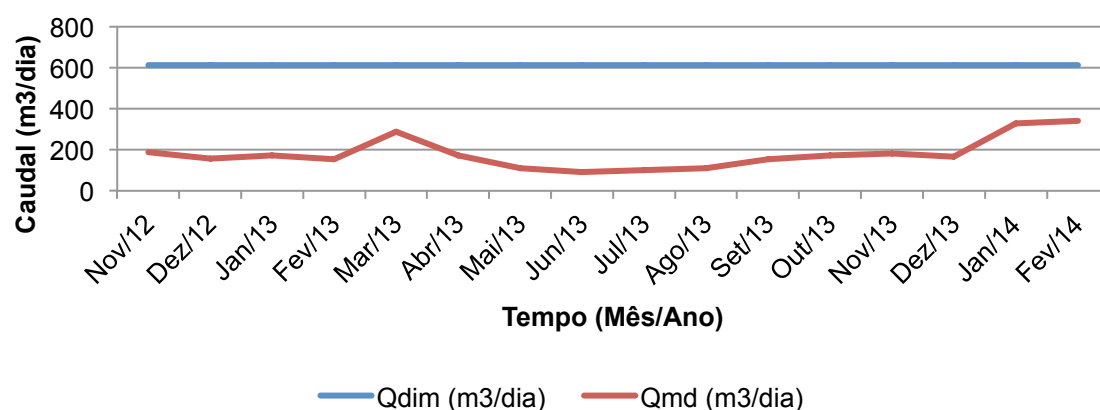


Figura A1.32 – Evolução do caudal médio afluente (m^3/dia) de novembro de 2012 a fevereiro de 2014 na ETAR do Sabugo

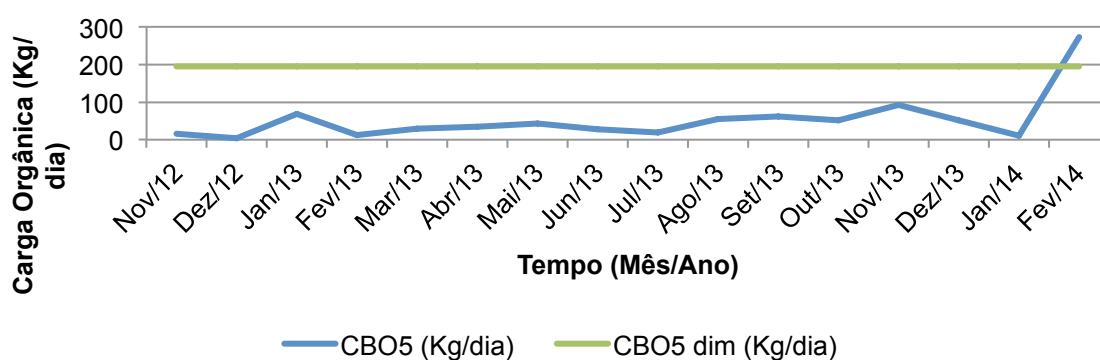


Figura A1.33 – Evolução da carga orgânica afluente ($\text{kg CBO}_5/\text{dia}$) de novembro de 2012 a fevereiro de 2014 na ETAR do Sabugo

Da análise das figuras anteriores, importa referir que relativamente aos parâmetros caudal e carga orgânica afluente, os valores foram claramente inferiores aos valores de dimensionamento, com exceção do mês de fevereiro de 2014 onde ocorreu um pico da carga de CBO_5 .

- **S. João das Lampas**

Na tabela A1.13 resumem-se os aspetos mais relevantes e na figura A1.34 apresenta-se o respetivo diagrama linear simplificado.

Tabela A1.13 – Aspetos mais relevantes associados à ETAR de S. João das Lampas

Descritor	Características
Localização	Rua da Esperança, freguesia de S. João das Lampas
Afluência	Gravítica (100%)
Principais etapas associadas à linha de tratamento	<p>Fase líquida:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tratamento preliminar, que inclui gradagem manual (duas grades em paralelo), remoção de areias (dois canais em paralelo); - Canal <i>Parshall</i> com medição de caudal; - Tratamento primário através de tanque <i>Imhoff</i>; - Tratamento secundário através de um processo de biomassa fixa, na variante de leito percolador em regime de alta carga; - Um decantador secundário cilíndrico-cónico de escoamento vertical, com ponte raspadora de fundo; <p>Fase sólida:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Digestão das lamas secundárias (no tanque <i>Imhoff</i>) e desidratação por filtro prensa ou através de três leitos de secagem.
Principais parâmetros de dimensionamento	<ul style="list-style-type: none"> - Caudal médio em hp (m^3/dia) – 1 218 - CBO_5 em hp (kg/dia) – 407
Licença de descarga	<ul style="list-style-type: none"> - SST (mg/L) - 35 - CBO_5 ($\text{mg}/\text{L O}_2$) - 25 - CQO ($\text{mg}/\text{L O}_2$) – 125 <p>Licença caducada, a aguardar emissão de nova licença de descarga por parte da entidade reguladora (APA).</p>

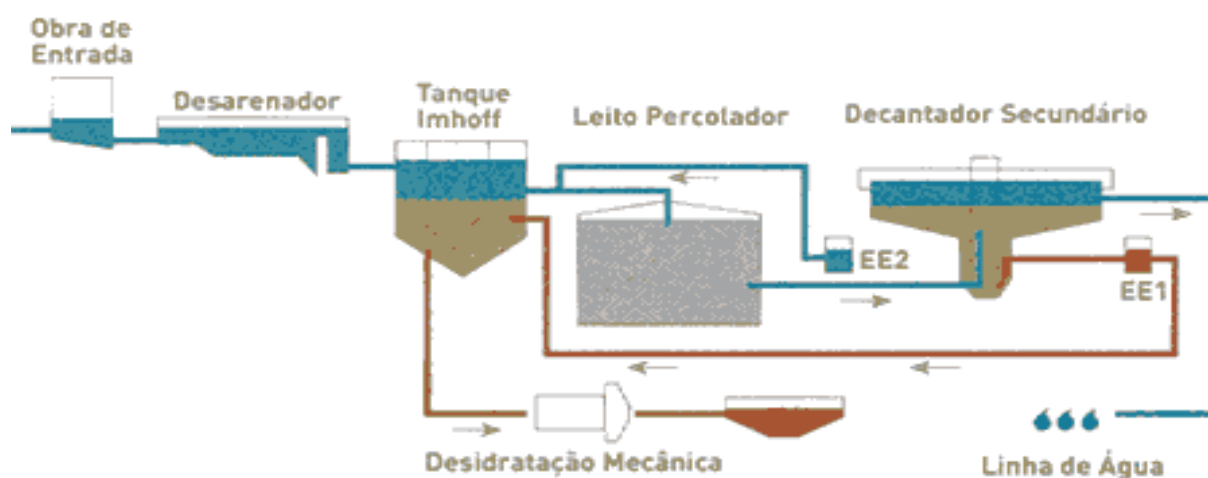


Figura A1.34 – Diagrama linear simplificado da ETAR de S. João das Lampas (adaptado de www.smas-sintra.pt)

Nas figuras A1.35 e A1.36 apresenta-se para o período janeiro de 2010 a fevereiro de 2014, e com base na informação disponibilizada pelos SMAS de Sintra, a variação do caudal médio afluente e da carga média afluente. Nas figuras apresentam-se igualmente os valores de dimensionamento.

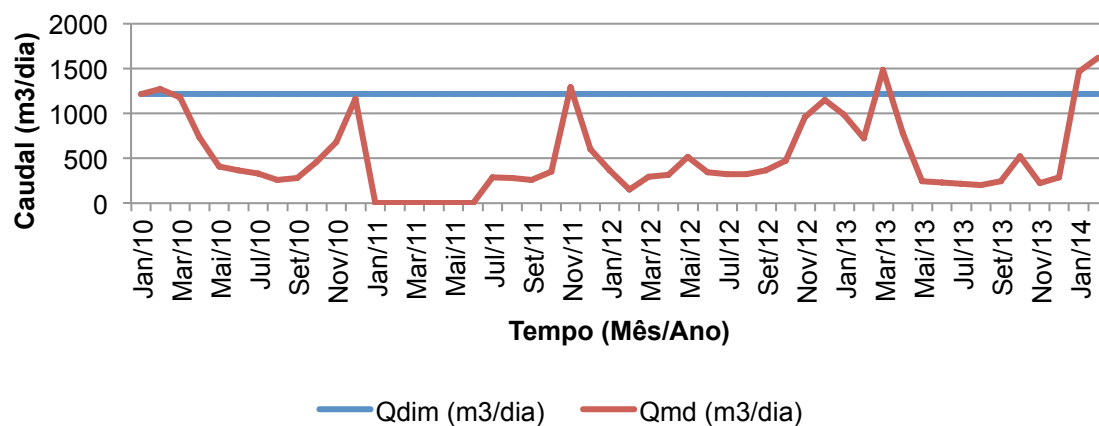


Figura A1.35 – Evolução do caudal médio afluente (m³/dia) de janeiro de 2010 a fevereiro de 2014 na ETAR de S. João das Lampas

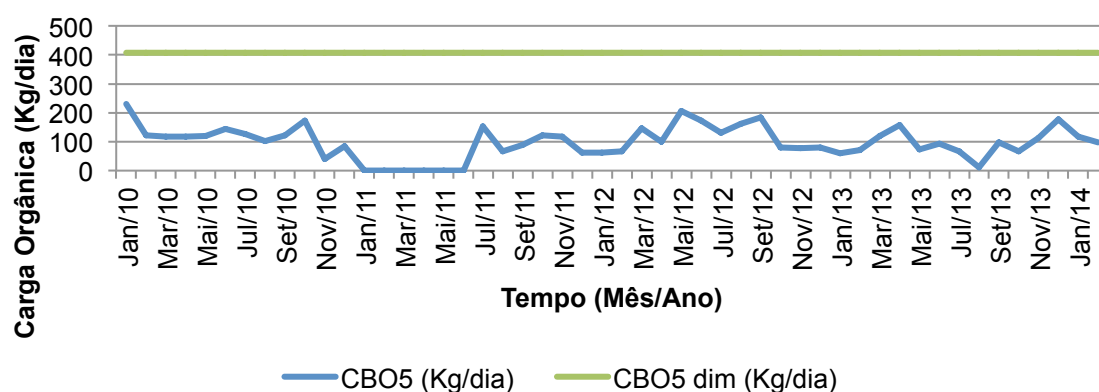


Figura A1.36 – Evolução da carga orgânica afluente (kg CBO₅/dia) de janeiro de 2010 a fevereiro de 2014 na ETAR de S. João das Lampas

Da análise das figuras anteriores, importa referir que relativamente ao parâmetro caudal, os valores médio diários foram inferiores ao valor de dimensionamento. Contudo verificam-se variações significativas nos períodos de inverno, consequência de contributos significativos de água pluvial. No que se refere à variação da carga orgânica afluente, verifica-se que esta apresenta valores inferiores ao valor de dimensionamento.

- **Ulgueira**

Na tabela A1.14 resumem-se os aspetos mais relevantes e na figura A1.37 apresenta-se o respetivo diagrama linear simplificado.

Tabela A1.14 – Aspetos mais relevantes associados à ETAR da Ulgueira

Descritor	Características
Localização	Rua das Flores, freguesia de Colares
Afluência	Gravítica (100%)
Principais etapas associadas à linha de tratamento	<p>Fase líquida:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tratamento preliminar, que inclui gradagem manual (duas grades em paralelo), remoção de areias (dois canais em paralelo); - Medição de caudal por sensor eletromagnético tubular de passagem total; - Tratamento secundário através de um processo de biomassa suspensa – lamas ativadas, na variante de arejamento prolongado (2 linhas); <p>Fase sólida:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Encaminhamento das lamas, por carro limpa fossas, para desidratação na ETAR de Colares S1.
Principais parâmetros de dimensionamento	<ul style="list-style-type: none"> - Caudal médio em hp (m^3/dia) - 160 - CBO_5 em hp (kg/dia) – 48
Licença de descarga	<ul style="list-style-type: none"> - SST (mg/L) - 60 - CBO_5 ($\text{mg}/\text{L O}_2$) - 150 - CQO ($\text{mg}/\text{L O}_2$) – 40 - Cl_2 residual total ($\text{mg}/\text{L Cl}_2$) – 1,0 <p>A aguardar emissão de nova licença de descarga por parte da entidade reguladora (APA).</p>

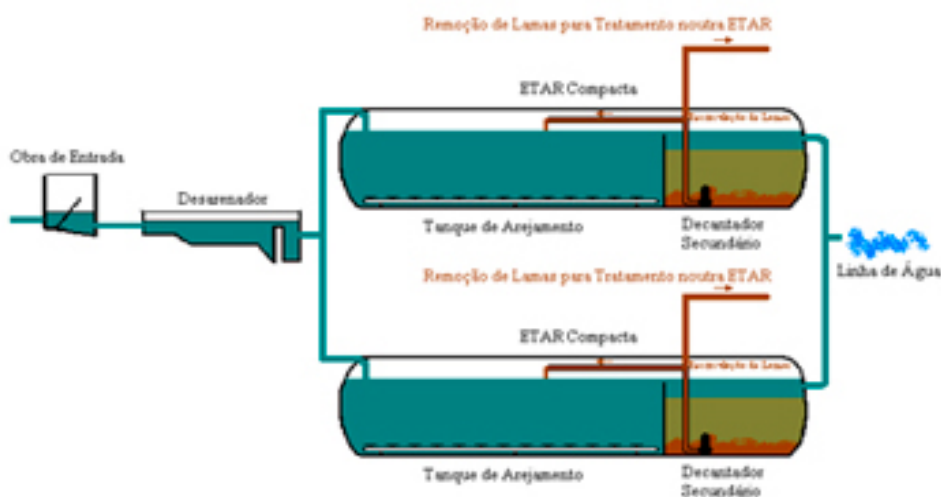


Figura A1.37 – Diagrama linear simplificado da ETAR da Ulgueira (adaptado de www.smas-sintra.pt)

Nas figuras A1.38 e A1.39 apresenta-se, com base na informação disponibilizada pelos SMAS de Sintra, a variação do caudal médio afluente e da carga média afluente. Nas figuras apresentam-se igualmente os valores de dimensionamento.

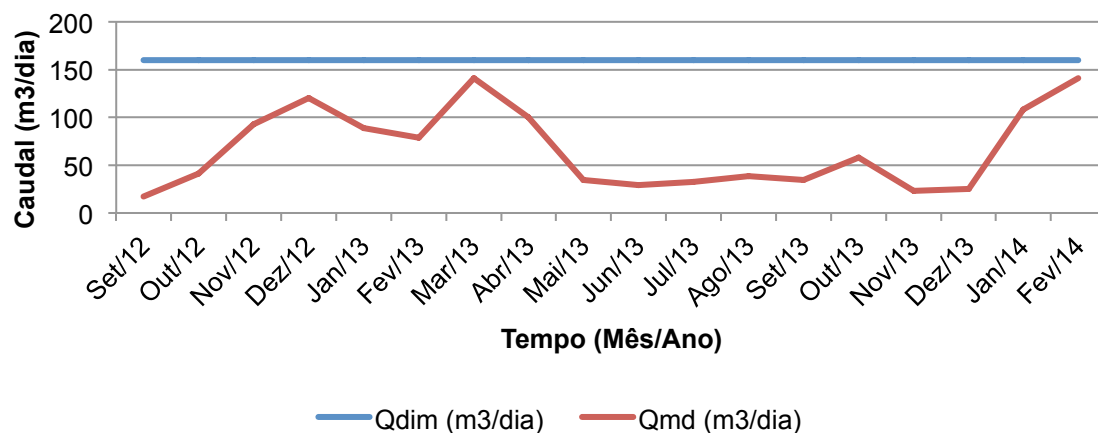


Figura A1.38 – Evolução do caudal médio afluente (m^3/dia) de setembro de 2012 a fevereiro de 2014 na ETAR da Ulgueira

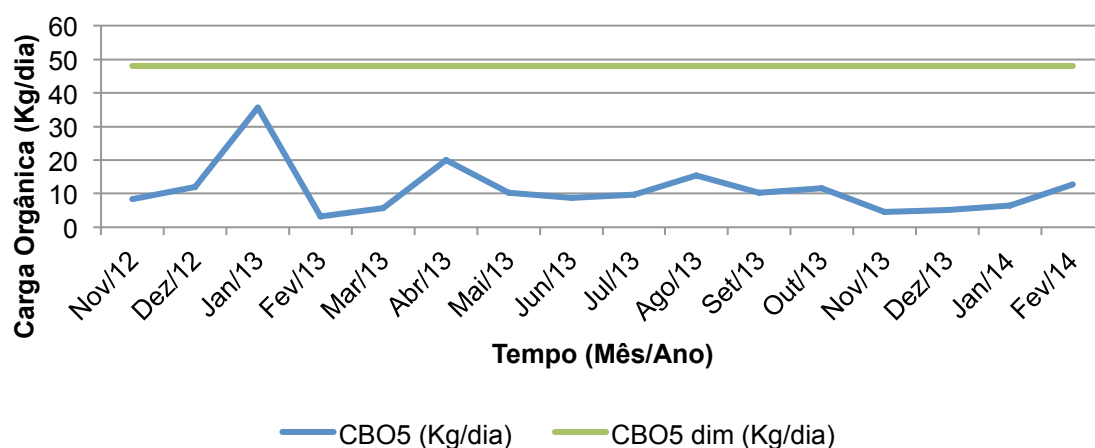


Figura A1.39 – Evolução da carga orgânica afluente ($\text{kg CBO}_5/\text{dia}$) de novembro de 2012 a fevereiro de 2014 na ETAR da Ulgueira

Da análise das figuras anteriores, importa referir que relativamente aos parâmetros caudal e carga orgânica afluente, os valores foram inferiores ao valor de dimensionamento.

- **Vila Verde**

Na tabela A1.15 resumem-se os aspetos mais relevantes e na figura A1.40 apresenta-se o respetivo diagrama linear simplificado.

Tabela A1.15 – Aspetos mais relevantes associados à ETAR de Vila Verde

Descritor	Características
Localização	Estrada Nacional 9-Escola, freguesia da Terrugem
Afluência	Elevada (100%)
Principais etapas associadas à linha de tratamento	<p>Fase líquida:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tratamento preliminar, que inclui gradagem mecânica e manual (um tamisador e uma grade grossa em paralelo), remoção de areias (dois canais em paralelo); - Descarregador <i>Parshall</i> com medição de caudal; - Tratamento primário através de tanque <i>Imhoff</i>; - Tratamento secundário através de um processo de biomassa fixa, na variante discos biológico aeróbio (um); <p>Fase sólida:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Digestão das lamas secundárias (no tanque <i>Imhoff</i>) e desidratação através de três leitos de secagem.
Principais parâmetros de dimensionamento	<ul style="list-style-type: none"> - Caudal médio em hp (m^3/dia) - 600 - CBO_5 em hp (kg/dia) – 162
Licença de descarga	<ul style="list-style-type: none"> - SST (mg/L) - 35 - CBO_5 ($mg/L O_2$) - 25 - CQO ($mg/L O_2$) – 125 <p>A aguardar emissão de nova licença de descarga por parte da entidade reguladora (APA).</p>

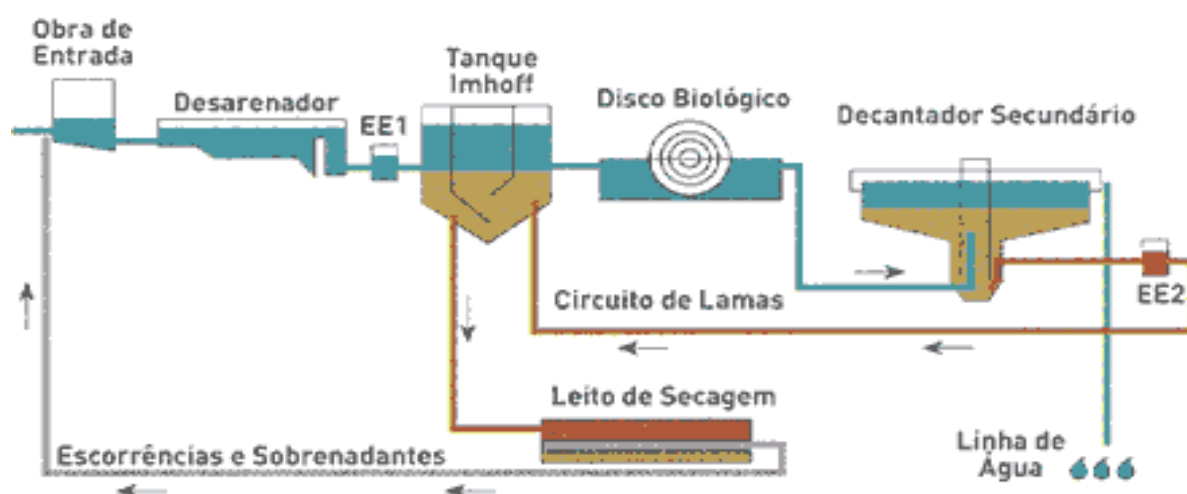


Figura A1.40 – Diagrama linear simplificado da ETAR de Vila Verde (adaptado de www.smas-sintra.pt)

Nas figuras A1.41 e A1.42 apresenta-se para o período de janeiro de 2010 a fevereiro de 2014, e com base na informação disponibilizada pelos SMAS de Sintra, a variação do caudal médio afluente e da carga média afluente. Nas figuras apresentam-se igualmente os valores de dimensionamento.

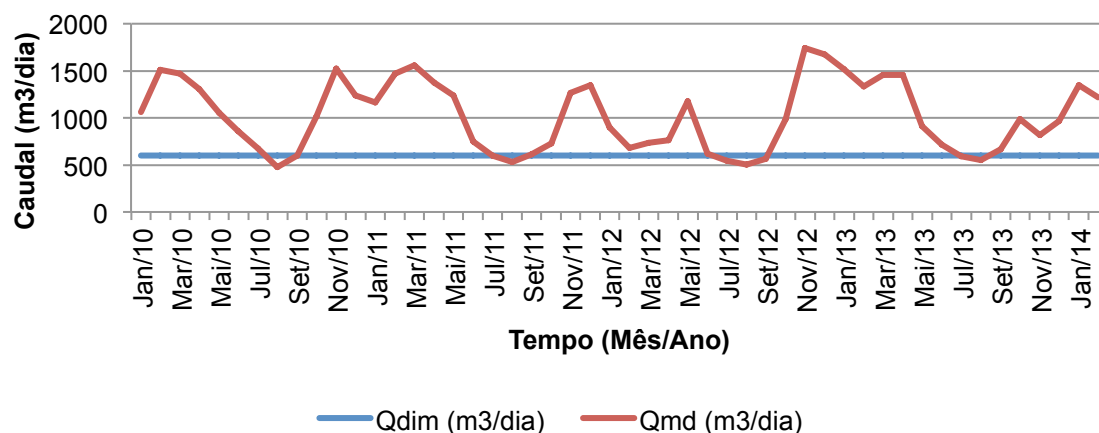


Figura A1.41 – Evolução do caudal médio afluente (m³/dia) de janeiro de 2010 a fevereiro de 2014 na ETAR de Vila Verde

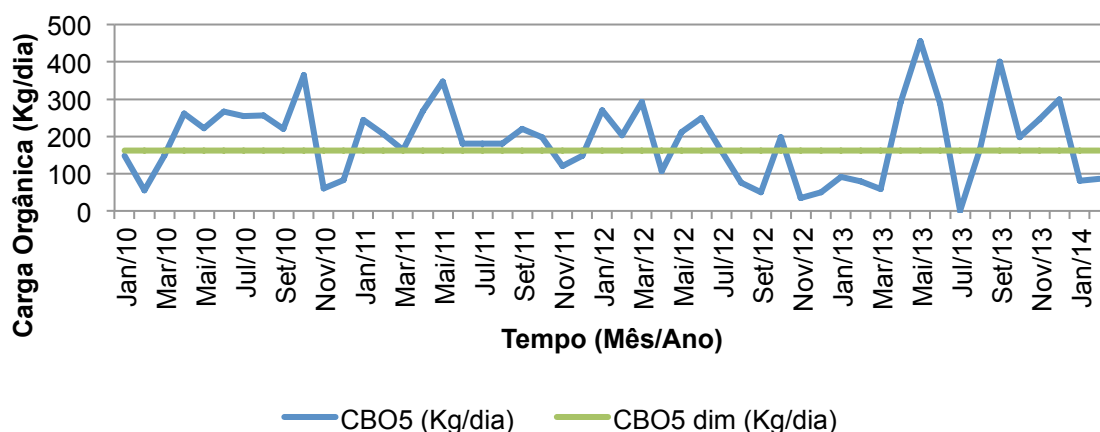


Figura A1.42 – Evolução da carga orgânica afluente (kg CBO₅/dia) de janeiro de 2010 a fevereiro de 2014 na ETAR de Vila Verde

Da análise das figuras anteriores, importa referir que relativamente ao parâmetro caudal, os valores médio diários são superiores ao valor de dimensionamento possivelmente em consequência de contributos significativos de água pluvial, (as variações mais significativas ocorreram nos períodos de inverno). No que se refere à variação da carga orgânica afluente, verificam-se igualmente variações acentuadas ao longo do tempo, estando na maioria do tempo, acima do valor de dimensionamento.

ANEXO 2 – Exploração das ETAR. Resumo dos principais aspetos

Na tabela seguinte resumem-se os principais aspetos associados à operação das ETAR exploradas pelos SMAS de Sintra.

Tabela A2.1 – Principais aspetos associados à operação das ETAR exploradas pelos SMAS de Sintra

ETAR	Operador fixo	Teste do Cone <i>Imhoff</i>	Desidratação das lamas
Almargem do Bispo	Não	Diário	Quando os sólidos sedimentáveis atingem um valor > 800 mL/L no teste do cone <i>Imhoff</i>
Almoçageme	Não		Quando o sobrenadante do digestor tem uma coloração muito escura
Almorquim	Não		Retiram o efluente da estação através de carros limpa fossas (3 x por semana, 4 por dia)
Azóia	Não		Retiram as lamas da estação através de carros limpa fossas quando os sólidos sedimentáveis atingem um valor > 800 mL/L no teste do cone <i>Imhoff</i>
Cavaleira	Sim		2 x por semana, 6 h por dia
Colares S1	Sim		5 x por semana, 4 h por dia
Janas	Não		Retiram as lamas através de carros limpa fossas quando os sólidos sedimentáveis atingem um valor > 800 mL/L no teste do cone <i>Imhoff</i>
Magoito	Sim		7 x por semana, 8 h por dia (verão) 7 x por semana, 6 h por dia (Inverno)
Montelavar	Sim		1 x por semana, 6 h por dia
Negraís	Não		1 x por semana, 3 h por dia
Ribeira S2	Sim		5 x por semana, 4 h por dia
Sabugo	Não		Quando as lamas no <i>Imhoff</i> têm uma coloração muito escura
S. João das Lampas	Não		5 x por semana, 1 h por dia
Ulgueira	Não		Retiram as lamas através de carros limpa fossas quando os sólidos sedimentáveis atingem um valor > 800 mL/L no teste do cone <i>Imhoff</i>
Vila Verde	Não		Quando as lamas no <i>Imhoff</i> têm uma coloração muito escura

No que se refere às ETAR que não possuem operador fixo, esta é efetuada por uma brigada móvel que inclui dois operadores e que se desloca a cada uma das ETAR uma vez por dia. Nas ETAR que possuem operador fixo, esta é efetuada por dois operadores.

Na tabela seguinte, resumem-se os principais aspetos associados à recolha dos subprodutos gerados em cada uma das ETAR.

Tabela A2.2 - ETAR exploradas pelos SMAS de Sintra e respetivos subprodutos

ETAR	Gradados	Areias	Lamas
Almargem do Bispo	Recolhidos semanalmente, em contentores de 800 L e 240 L pela empresa ECOAMBIENTE, e encaminhados para aterro PRORESI	Contentores de 6 m ³ recolhidos, pela empresa ECOAMBIENTE, sempre que cheios e enviados para aterro PRORESI	Centralizadas no parque de lamas da ETAR da Ribeira S2, pela empresa EGEO, e recolhidas para valorização pela empresa TERRA FÉRTIL
Almoçageme			
Almorquim			
Azóia			
Cavaleira			
Colares S1			
Janas			
Magoito			
Montelavar			
Negrais			
Ribeira S2			
Sabugo			
S. João das Lampas			
Ulgueira			
Vila Verde			

Relativamente à remoção de gorduras, esta só é efetuada na ETAR dos Negrais. Nos anos de 2012 e 2013 foram recolhidos, respetivamente, 600 L e 460 L pela empresa prestadora deste serviço (ECOAMBIENTE), tendo sido entregues no aterro para resíduos industriais não perigosos PRORESI, pertencente à empresa CME Águas S.A..

ANEXO 3 – Informação de base disponibilizada pelos SMAS de Sintra

Nas tabelas seguintes resume-se, para a ETAR de Colares S1, a informação quantitativa e qualitativa de base disponibilizada pelos SMAS de Sintra.

Tabela A3.1 – Média dos valores do caudal horário medidos, no mês de junho de 2014, na ETAR de Colares S1

Horas	Caudal (m ³ /h)	Caudal (L/s)
1	78	22
2	71	20
3	68	19
4	59	16
5	59	16
6	58	16
7	62	17
8	60	17
9	75	21
10	85	24
11	91	25
12	92	26
13	102	28
14	86	24
15	92	26
16	87	24
17	79	22
18	81	22
19	80	22
20	78	22
21	90	25
22	94	26
23	87	24
24	84	23

Tabela A3.2 – Valores referentes às concentrações e cargas orgânicas da água residual afluyente à ETAR de Colares S1

Data	Concentração orgânica (mg/L)		Carga orgânica (kg/dia)		CBO ₅ /CQO
	SST	CBO ₅	SST	CBO ₅	
Jan/10	24	30	116	146	0,5
Fev/10	61	64	242	254	0,6
Mar/10	65	55	281	238	0,6
Abr/10	101	130	272	350	0,6
Mai/10	68	80	141	166	0,5
Jun/10	82	160	145	282	0,8
Jul/10	150	220	241	353	0,7
Ago/10	590	210	931	331	0,4
Set/10	780	330	981	415	1,5
Out/10	370	410	637	706	0,7
Nov/10	210	130	471	292	0,4
Dez/10	32	50	129	202	0,7
Jan/11	31	70	122	275	1,0
Fev/11	240	165	896	616	0,4
Mar/11	170	140	488	402	0,6
Abr/11	320	270	767	647	0,4
Mai/11	220	155	471	332	0,5
Jun/11	240	130	407	220	0,4
Jul/11	180	190	278	294	0,5
Ago/11	330	350	496	526	0,6
Set/11	170	260	210	322	0,8
Out/11	160	260	206	335	0,7
Nov/11	24	40	79	132	0,5
Dez/11	400	180	790	355	0,3
Jan/12	130	150	212	244	0,6
Fev/12	160	200	231	289	0,6
Mar/12	240	300	327	409	0,6
Abr/12	160	100	223	139	0,3
Mai/12	230	200	408	355	0,4
Jun/12	110	140	145	185	0,5
Jul/12	211	300	260	370	0,8
Ago/12	120	130	168	182	0,5
Set/12	170	300	230	406	0,6
Out/12	140	80	203	116	0,4
Nov/12	100	110	304	334	0,6
Dez/12	40	40	210	210	0,5
Jan/13	270	140	1 194	619	0,4
Fev/13	100	300	323	970	1,0
Mar/13	80	60	391	293	0,7
Abr/13	140	60	571	245	0,4
Mai/13	160	200	322	402	0,6
Jun/13	140	200	250	357	0,7
Jul/13	300	200	507	338	0,4
Ago/13	40	160	28	251	0,6
Set/13	180	300	113	373	0,8
Out/13	120	160	77	287	0,5
Nov/13	230	300	144	452	0,6
Dez/13	*	*	-	-	-
Jan/14	300	100	1 151	384	0,3
Fev/14	400	130	2 060	669	0,3

* - O valor não aparece nos dados de autocontrolo

Tabela A3.3 – Valores referentes aos sólidos sedimentáveis medidos, em junho e julho, na ETAR de Colares S1

Data	Sólidos Sedimentáveis (mL/L)		Data	Sólidos Sedimentáveis (mL/L)	
	Reator Biológico 1	Reator Biológico 2		Reator Biológico 1	Reator Biológico 2
01/06/14	800	850	01/07/14	900	900
02/06/14	800	850	02/07/14	900	900
03/06/14	800	850	03/07/14	800	800
04/06/14	800	850	04/07/14	800	850
05/06/14	800	850	05/07/14	800	850
06/06/14	800	850	06/07/14	800	850
07/06/14	800	850	07/07/14	800	850
08/06/14	800	850	08/07/14	800	850
09/06/14	800	800	09/07/14	800	850
10/06/14	850	800	10/07/14	800	850
11/06/14	850	800	11/07/14	800	850
12/06/14	850	800	12/07/14	800	850
13/06/14	850	800	13/07/14	800	850
14/06/14	850	850	14/07/14	850	850
15/06/14	850	900	15/07/14	850	850
16/06/14	850	900	16/07/14	850	850
17/06/14	850	900	17/07/14	850	850
18/06/14	850	900	18/07/14	850	850
19/06/14	850	900	19/07/14	850	900
20/06/14	850	900	20/07/14	850	900
21/06/14	850	800	21/07/14	850	900
22/06/14	850	800	22/07/14	850	900
23/06/14	850	800	23/07/14	850	900
24/06/14	850	800	24/07/14	850	900
25/06/14	900	900	25/07/14	900	900
26/06/14	900	900	26/07/14	900	900
27/06/14	900	900	27/07/14	900	900
28/06/14	900	900	28/07/14	900	900
29/06/14	900	900	29/07/14	900	900
30/06/14	900	900	30/07/14	900	900
			31/07/14	900	900

Tabela A3.4 – Valores referentes às concentrações da água residual tratada na ETAR de Colares S1

Data	CQO (mg/L)	CBO₅ (mg/L)	Data	CQO (mg/L)	CBO₅ (mg/L)
Jan/10	38	4	Fev/12	30	18
Fev/10	30	14	Mar/12	30	12
Mar/10	30	6	Abr/12	41	7
Abr/10	30	7	Mai/12	32	8
Mai/10	30	5	Jun/12	41	13
Jun/10	38	5	Jul/12	32	5
Jul/10	32	8	Ago/12	33	30
Ago/10	44	9	Set/12	30	25
Set/10	30	5	Out/12	30	8
Out/10	60	9	Nov/12	50	20
Nov/10	30	5	Dez/12	30	5
Dez/10	30	8	Jan/13	30	17
Jan/11	30	5	Fev/13	30	5
Fev/11	40	5	Mar/13	30	20
Mar/11	30	6	Abr/13	30	30
Abr/11	30	9	Mai/13	30	9
Mai/11	30	13	Jun/13	30	8
Jun/11	30	5	Jul/13	40	60
Jul/11	31	17	Ago/13	50	80
Ago/11	60	22	Set/13	30	20
Set/11	60	23	Out/13	40	12
Out/11	30	5	Nov/13	50	5
Nov/11	30	23	Dez/13	*	*
Dez/11	30	8	Jan/14	30	12
Jan/12	31	10	Fev/14	30	5

* - O valor não aparece nos dados de autocontrolo

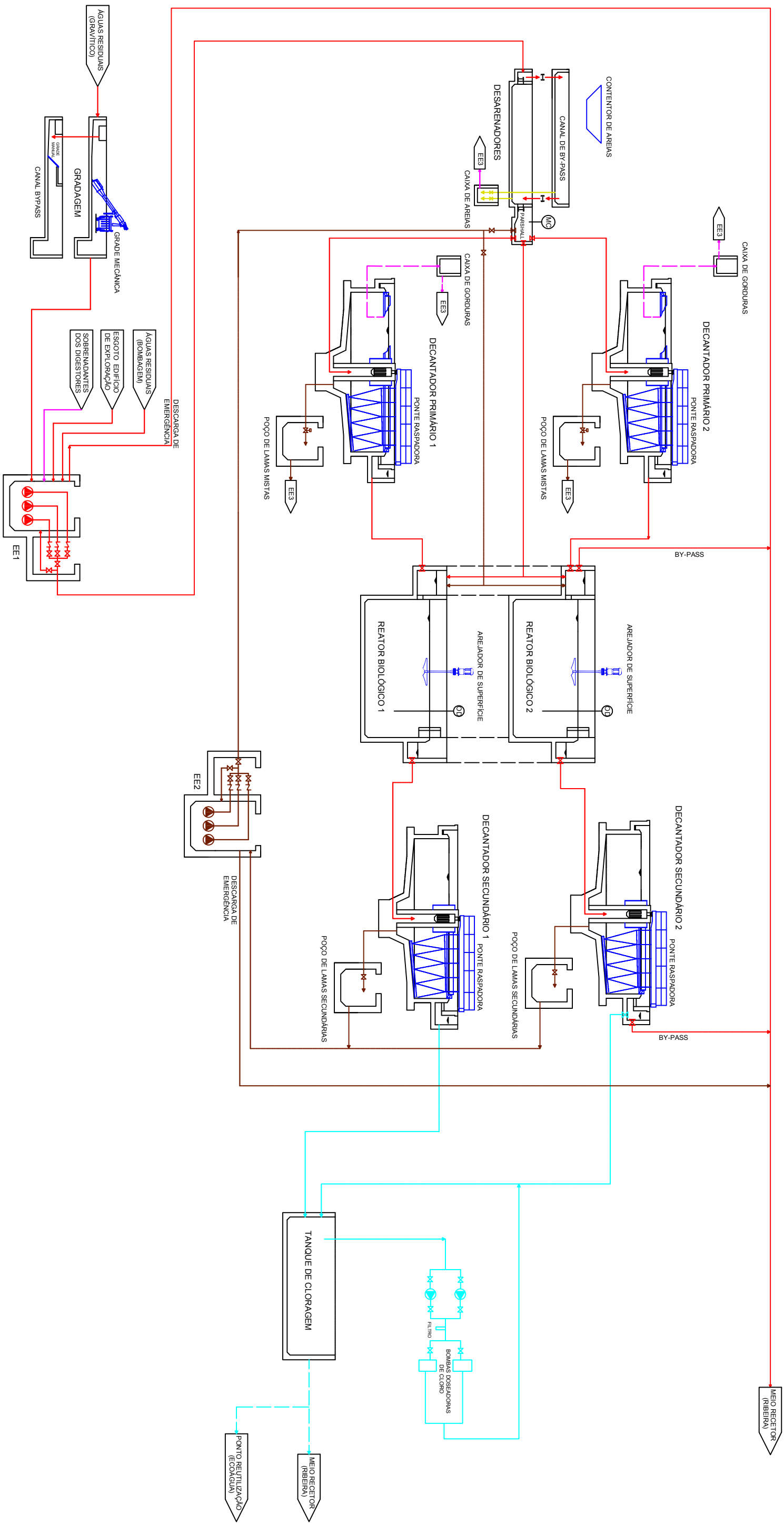
Tabela A3.5 – Valores mensais referentes à energia gasta, ao caudal e à carga orgânica de CBO₅ removida na ETAR de Colares S1

Data	Energia (kWh)	Caudal (m ³ /mês)	kWh/m ³	CBO ₅ Removida (kg/mês)	kWh/kg CBO ₅
Jan/10	24 159	150 450	0,16	3 912	6
Fev/10	21 561	111 219	0,19	5 561	4
Mar/10	22 707	134 222	0,17	6 577	3
Abr/10	20 585	80 759	0,25	9 933	2
Mai/10	19 364	64 273	0,30	4 820	4
Jun/10	19 839	52 906	0,37	8 200	2
Jul/10	21 983	49 711	0,44	10 539	2
Ago/10	22 232	48 898	0,45	9 828	2
Set/10	10 469	37 717	0,28	12 258	1
Out/10	18 741	53 357	0,35	21 396	1
Nov/10	18 920	67 293	0,28	8 412	2
Dez/10	23 456	125 060	0,19	5 253	4
Jan/11	21 717	121 969	0,18	7 928	3
Fev/11	20 046	104 582	0,19	16 733	1
Mar/11	21 851	89 058	0,25	11 934	2
Abr/11	22 460	71 914	0,31	18 770	1
Mai/11	23 503	66 420	0,35	9 432	2
Jun/11	20 723	50 855	0,41	6 357	3
Jul/11	23 153	47 890	0,48	8 285	3
Ago/11	26 396	46 601	0,57	15 285	2
Set/11	20 500	37 130	0,55	8 800	2
Out/11	19 027	39 957	0,48	10 189	2
Nov/11	21 301	98 958	0,22	1 682	13
Dez/11	21 639	61 214	0,35	10 529	2
Jan/12	22 105	50 472	0,44	7 066	3
Fev/12	20 480	40 406	0,51	7 354	3
Mar/12	21 491	42 291	0,51	12 180	2
Abr/12	22 163	41 827	0,53	3 890	6
Mai/12	21 149	54 961	0,38	10 553	2
Jun/12	20 347	39 603	0,51	5 030	4
Jul/12	20 449	38 199	0,54	11 269	2
Ago/12	22 395	43 379	0,52	4 338	5
Set/12	19 679	40 557	0,49	11 153	2
Out/12	18 795	44 950	0,42	3 236	6
Nov/12	19 262	91 074	0,21	8 197	2
Dez/12	24 236	162 651	0,15	5 693	4
Jan/13	23 440	137 115	0,17	16 865	1
Fev/13	20 055	90 528	0,22	26 706	1
Mar/13	24 546	151 528	0,16	6 061	4
Abr/13	21 597	122 354	0,18	3 671	6
Mai/13	19 264	62 378	0,31	11 914	2
Jun/13	18 672	53 567	0,35	10 285	2
Jul/13	22 092	52 356	0,42	7 330	3
Ago/13	21 673	48 641	0,45	3 891	6
Set/13	18 873	37 254	0,51	10 431	2
Out/13	19 824	55 559	0,36	8 223	2
Nov/13	18 722	45 168	0,41	13 325	1
Dez/13	20 006	51 955	0,39	*	-
Jan/14	23 209	118 897	0,20	10 463	2
Fev/14	28 798	144 187	0,20	18 023	2








* - O valor não aparece nos dados de autocontrolo

ANEXO 4 – Diagrama Linear da ETAR de Colares S1

Os diagramas lineares da fase líquida e da fase sólida da ETAR de Colares S1 encontram-se nas figuras A4.1 e A4.2, respetivamente, e apresentam-se de seguida em folhas A3.



SIMBOLOGIA:

- | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
|  | BOMBA |
|  | VÁLVULA SECCIONAMIENTO MANUAL |
|  | VÁLVULA DE RETENÇÃO |
|  | ELECTROVÁLVULA |
|  | ADUFA |
|  | SONDA DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO |
|  | MEDIDOR DE CAUDAL ULTRA-SÔNICO |

CONVENÇÕES:

-
- ÁGUAS RESIDUAIS
- EFLUENTE TRATADO (TRATAMENTO SECUNDÁRIO)
- EFLUENTE TRATADO (TRATAMENTO TERCIÁRIO)
- LAMAS
- SOBRENADANTES / ESCORRÊNCIAS
- SUB-PRODUTOS
- GORDURAS

Cliente:

SMA S de Sintra

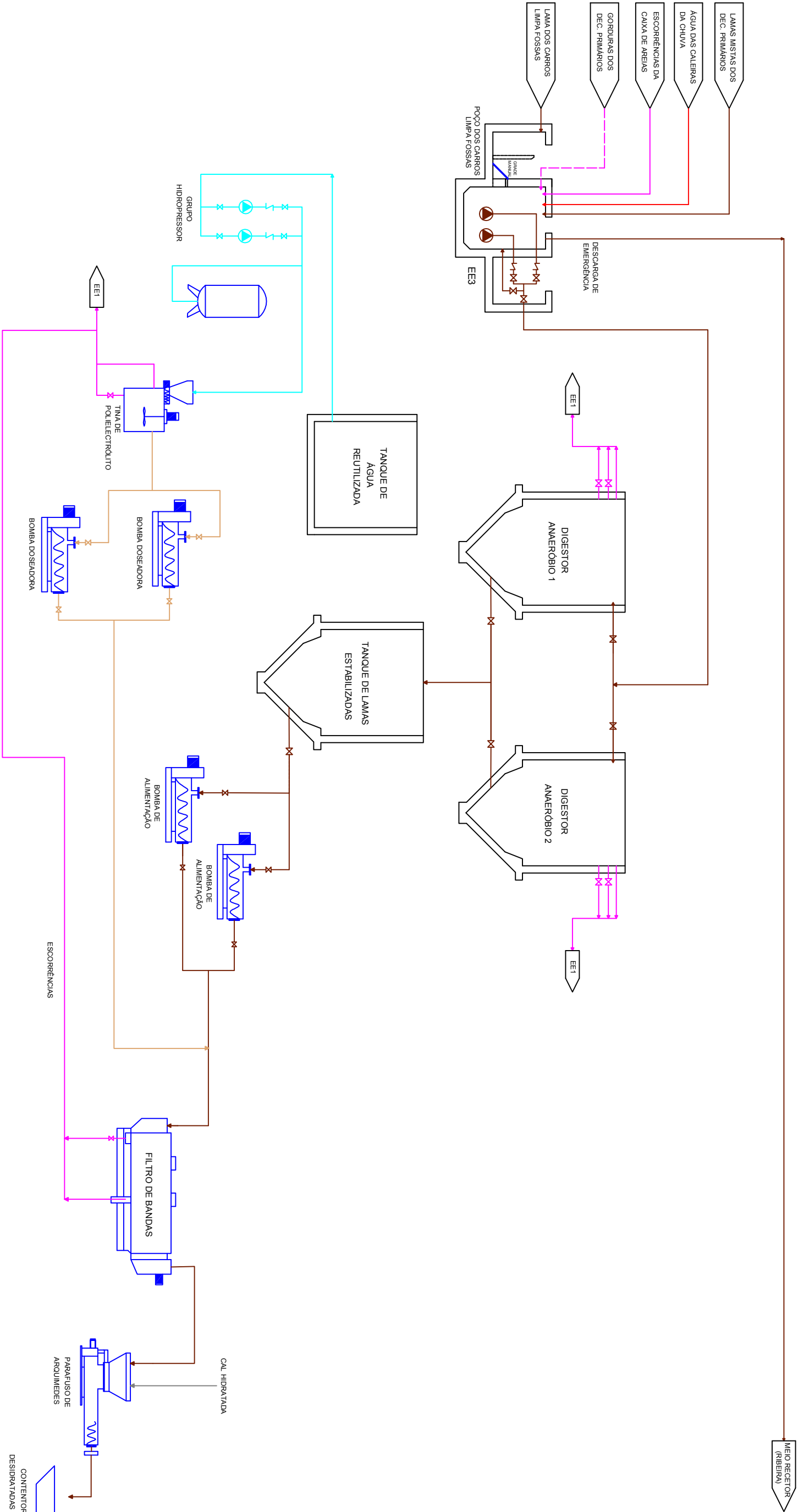
Contratto:

ETAR DE COLARES - S1

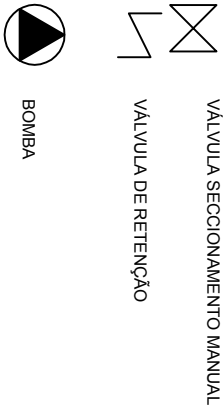
Anexo 4

DIAGRAMA LINEAR-FASE LÍQUIDA

				Formato: A3 Sem escala
Projeto:		Desenho n.º: A.4.1	Rev:	
Desenhou:	NUNO SILVESTRE	Página n.º 92		
Reviz:	ANTÓNIO MANO			
Verificou:		N.º de Contrato:		
Aprovou:		Substitui:		



SIMBOLOGIA:



CONVENÇÕES:



SMAS de Sintra

ETAR DE COLARES - S1

Anexo 4

DIAGRAMA LINEAR - FASE SÓLIDA

Cliente:		Título do Desenho:	
Contrato:		Desenho n.º: A.4.2	
		Desenhou:	NUNO SILVESTRE
		Revuiu:	ANTÓNIO MANO
		Verificou:	
		Aprovou:	
		Substitui por:	
		Formato: A3	